MICROPROCESADORES
(y III)

NUEVAS
TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA





BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

MICROPROCESADORES
(y II)



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-731-6 (Vol. 33)
D.L.: B. 26.573-1986

Impreso y encuadernado por
printer industria gráfica sa c.n. II, cuatro caminos, s/n
08620 sant vicenç dels horts
barcelona 1986

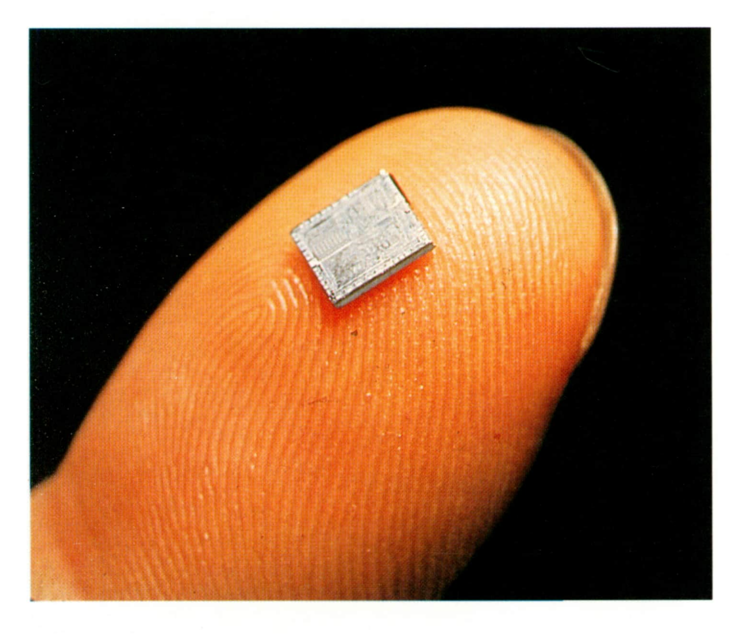
Printed in Spain

Microprocesadores (y II)

OTRAS INSTRUCCIONES BASICAS

En este apartado se van a tratar otras instrucciones de difícil asimilación a una familia en concreto, pero no por ello de menor importancia.

Instrucciones de *entrada y salida*: Son las encargadas de permitir el acceso de la información «del» y «al» microprocesador.



Obsérvese el pequeño tamaño de un chip, obtenido a partir de la difusión de sucesivos elementos de dopado en el monocristal puro. Todos los chips procedentes de una oblea son prácticamente idénticos. (Cortesía: Intel).

Estas instrucciones son obviamente de gran importancia, ya que sin ellas todo el trabajo que realizan los microprocesadores sería absolutamente inútil. En las figuras 2 y 3 se aprecian tanto los formatos de las instrucciones de entrada/salida más frecuentes, como la estructura circuital

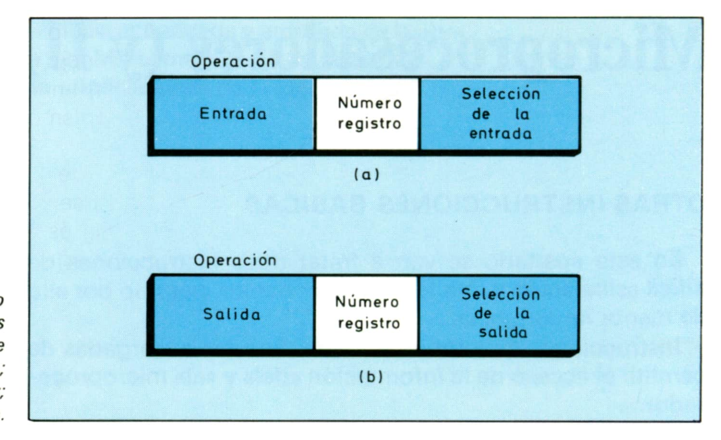


Figura 2. a) Formato general de las instrucciones de entrucciones de entrada; de un microprocesador; b) datos de salida.

para permitir la entrada/salida de la información con las órdenes proporcionadas por la CPU.

Instrucción de *paro* o *alto.* Estas instrucciones sirven para detener la secuencia de ejecución del programa. Únicamente contienen un código de operación (ya que no necesita dirección de memoria alguna). Esta instrucción detiene directamente la CPU y con ello se detiene la ejecución del programa.

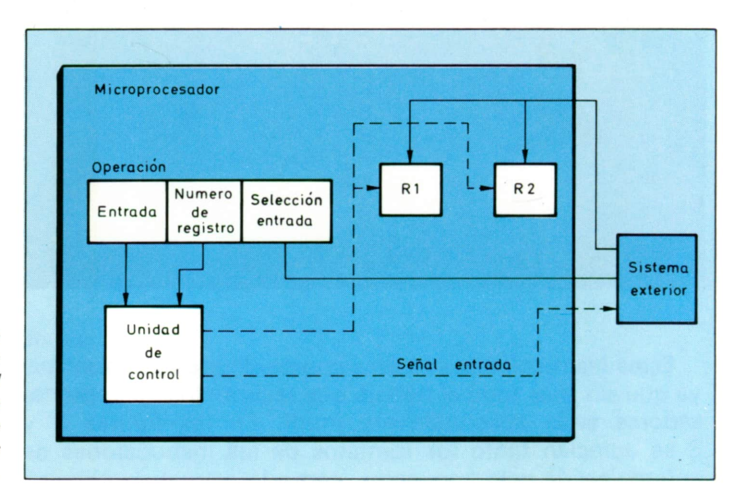


Figura 3. Diagrama de señales internas de un microprocesador, en el momento de ejecutar una instrucción de entrada de información a dos registros.

Instrucción de *no operación.* Mediante esta instrucción, en realidad, no se ejecuta instrucción alguna. Su principal uso es producir retardos, que son necesarios en determinados procesos para conseguir, por ejemplo, el sincronismo general del sistema.

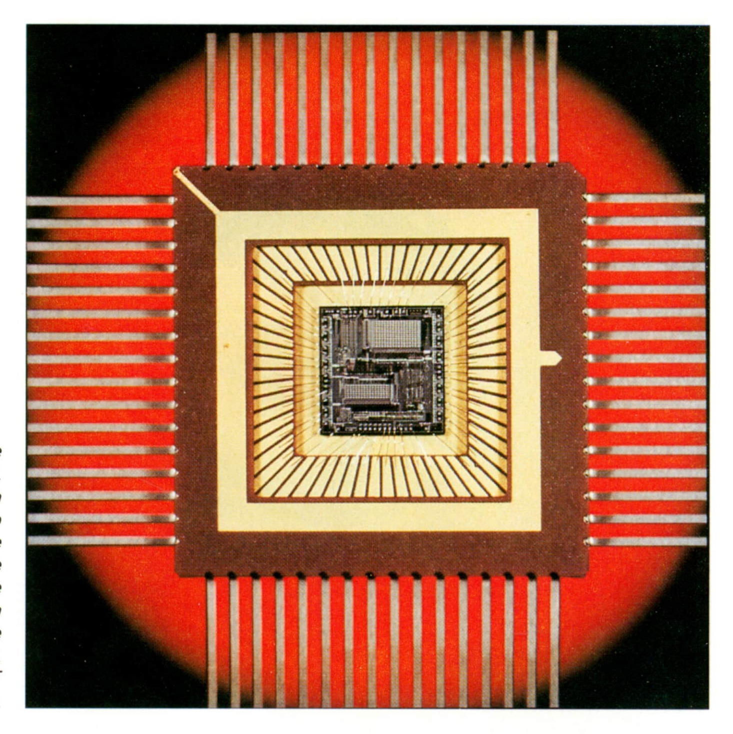
Instrucciones de *modificación del estado interno* de la CPU. Mediante estas instrucciones puede modificarse el estado interno de la CPU de forma, por ejemplo, que ésta controle de forma distinta a como lo estaba haciendo algún bloque estructural del microprocesador.



Verificación final de un lote de chips de microprocesador antes de proceder a su encapsulado. Con el instrumental adecuado, se comprueba la respuesta electrónica con todas las señales para las que trabajará posteriormente. (Cortesía: AMD).

EL MICROPROCESADOR Y SU MUNDO EXTERIOR: CAPACIDAD DE TRANSFERIR INFORMACION

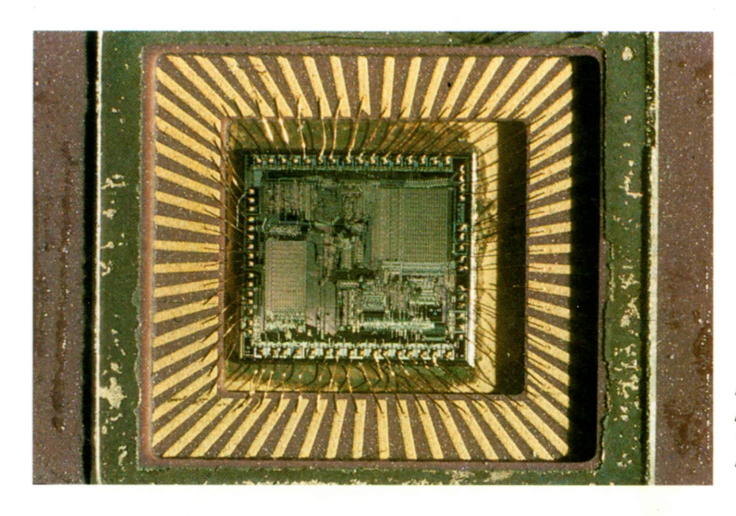
Hasta este instante se han estado tratando aspectos relativos a la estructura y funcionamiento de los microprocesadores y, de forma más o menos directa, aspectos funcionales del microprocesador con elementos exteriores (memorias principalmente), si bien estos temas se han tratado más para resaltar el propio funcionamiento del microprocesador que para poner de evidencia que los microprocesadores se comunican e intercambian información más allá de las patillas o terminales del circuito integrado que los soportan.



Encapsulado abierto de un microprocesador, obtenido según la técnica VLSI. Posee 64 pins o patillas de conexión y se coloca sobre una base cerámica. Su empleo se centra principalmente en equipos de telecomunicaciones. (Cortesía: ITT Semiconductors).

Los microprocesadores, en general, están asociados a memorias, ya sean RAM, ROM, PROM, EPROM, etc., y a circuitos integrados anexos que completan y conforman las informaciones proporcionadas por aquellos como resultado del procesamiento de la información. Estos circuitos integrados externos suelen ser decodificadores, amplificadores, interfases, osciladores, etc.

El tema de las transferencias de información va a ser tratado con todo lujo de detalles en los sucesivos libros.



Vista interior de un chip microprocesador. Se pueden observar las conexiones entre las patillas y el circuito. (Cortesía: Standard).

Toda esta maraña de intercomunicaciones está organizada de forma que la máxima racionalidad presida la distribución de señales de control y datos. Esta racionalización de vías de comunicación configura los buses, de los que ya se ha hablado con anterioridad.

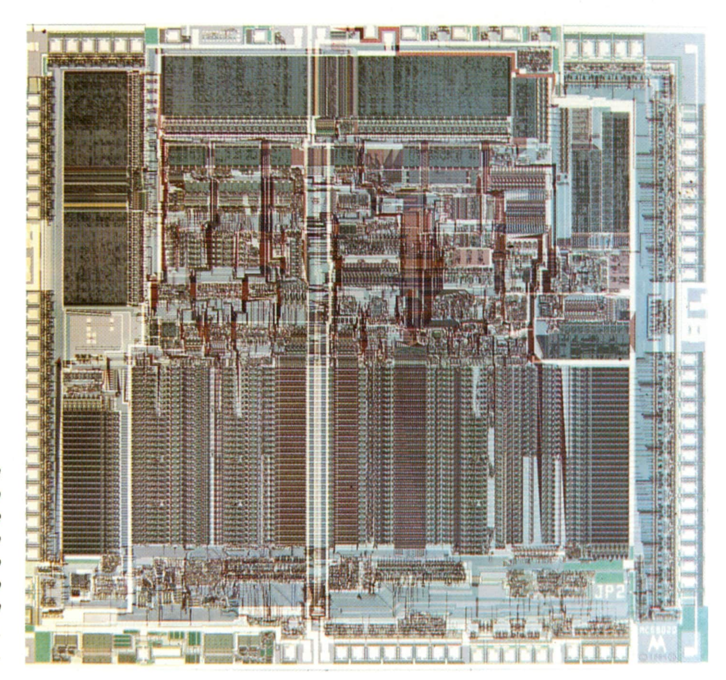
Los buses, no obstante, contando con un número limitado de conducciones no serían suficiente soporte para la transmisión de la información entre el microprocesador y el mundo exterior de no existir técnicas de transmisión adecuadas. La más frecuente es la *multiplexación*, que consiste en la transmisión de la información sincronizada en el tiempo con las órdenes de mando que proporciona el microprocesador. La capacidad de transferencia de información de los microprocesadores viene limitada por la frecuen-

cia de multiplexado por un lado y por los tipos de transmisión por otro.

CLASIFICACION POR FABRICANTES DE LOS TIPOS DE MICROPROCESADORES MAS FRECUENTES EN EL MERCADO

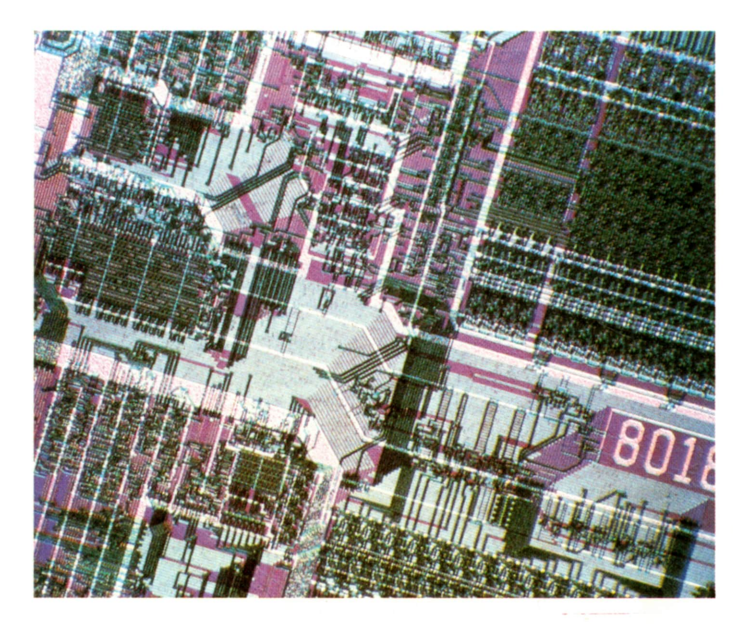
Este apartado del presente libro, así como algún otro incluido en el mismo, será una recopilación de información organizada de forma similar a como el técnico o especialista desearía encontrarla; esto es, clasificada atendiendo a conceptos prácticos. Asimismo, se pretende que el lector se familiarice con las marcas de más prestigio y sepa cuáles son las fuentes originales de los circuitos integrados microprocesadores que le interesan.

A lo largo de estas páginas, como se ha dicho, se atenderá a aspectos clasificativos bajo prismas distintos y, posterior-



Microprocesador de la firma Motorola, modelo MC 68020, en donde puede verse la complejidad del circuito que contiene. Este diseño corresponde a una configuración de 32 bits. (Cortesía: Motorola).

mente, al estudio de los microprocesadores más frecuentes en el mercado español. Evidentemente, por razones obvias, no todos los microprocesadores existentes en el mercado pueden ser tratados con un mínimo de detalle, y no ha sido tarea fácil para el autor seleccionar un determinado número



Ampliación de parte de un microprocesador matemático de 16 bits. Corresponde al IAPX 186 de la firma Intel.

de ellos sin caer en valoraciones o exclusiones tendenciosas de los demás, habiendo procurado, además de referirse a su experiencia profesional individual, contrastar con prestigiosos profesionales sus distintas selecciones previas y han sido criterios de actualidad, penetración en el mercado español y cualidades técnicas, los que han servido para decidir finalmente los microprocesadores que van a ser tratados: el 8085, el 2650, el Z80, el 6800, el 9900 y el 8086.

Una vez finalizado este preámbulo introductorio al contenido del libro, convendrá listar a continuación las últimas informaciones que últimamente se han podido obtener respecto a los distintos microprocesadores existentes en el mercado, clasificados atendiendo al fabricante que los produce:

FABRICANTE	TIPO	LONGITUD DE LA PALABRA	OBSERVACIONES
A M D	AM2901	(tramos de 4 bits) 4N bits	
	AM2903	4N bits	
	AM9080A	8 bits	Familia del microprocesador 8080
	AM8048	8 bits	
	AM8085	8 bits	Idéntico al familiar 8085
	Z8000	16 bits	
A M I	S2000	4 bits	
	S6800	8 bits	Idéntico al familiar 6800
	S9900	16 bits	Idéntico al familiar 9900
	S9980	16 bits	Idéntico al 9980
	S68A/B00	8 bits	Idénticos a los 6800 A y B
	SPP2811	12 y 16 bits	
Data General	mN601	16 bits	
Digital Equipment	LSI11	16 bits	
Electronic Arrays	EA9002	8 bits	
Essex	SX200	4 bits	
Fairchild	F8	8 bits	
	F3870	8 bits	
	F3872	8 bits	
	F3874	8 bits	
	F38E70	8 bits	
	F6800	8 bits	Idéntico al familiar 6800
	F2901A	4N bits	Idéntico al microprocesador AM2901
	9440	16 bits	
	9400	4N bits	En CMOS y bipolar

	F100K	8N bits	
	FPC5050	4 bits	
Ferranti	F100L	16 bits	En CDI
General Instruments	CP1600	16 bits	
	CP1600/A	16 bits	
	CP1610	16 bits	
	LP8000	8 bits	
	PIC1640	8 bits	
	PIC1650	8 bits	
	PIC1664	8 bits	
	CP3F	8 bits	
	SBA	1 bit	
Harris	HM6100	12 bits	Idéntico al conocido 6100
	HM6100A	12 bits	
Hewlett-Packard	LSI	16 bits	En tecnología SOS
	MCC	16 bits	
Hughes	HCMP1802	8 bits	Idéntico al 1802 de RCA
Intel	3000	2N bits	
	4004	4 bits	
	4040	4 bits	
	8008	8 bits	
	8021	8 bits	
	8035	8 bits	
	8039	8 bits	
	8041	8 bits	
	8048	8 bits	
	8049	8 bits	
	8080	8 bits	
	8080A	8 bits	
	8085	8 bits	
	8086	16 bits	
	8741	8 bits	Incluye REPROM
	8748	8 bits	Incluye REPROM
	8085A-2	8 bits	Con oscilador de 5 MHz
	8022	8 bits	Con convertidor A/D
Intersil	IM6100	12 bits	
	C8748	8 bits	Idéntico al 8748

			en tecnología CMOS
	C8048	8 bits	Idéntico al 8048 en tecnología CMOS
	C8049	8 bits	Idéntico al 8049 en CMOS
	UPI	8 bits	Idéntico al UPI en tecnología CMOS
ITT Intermetall	7150		
	SAA6000	4 bits	
	CP1600	16 bits	
	PIC1640	8 bits	
	PIC1650	8 bits	
	PIC1664	8 bits	
Mitsubishi	Melps8	8 bits	Compatible con el 8080
Monolithic Memories	5700	4N bits	
	6701	4N bits	
	2901	4N bits	
MOS Technology	6500	8 bits	
	6502	8 bits	
	6503	8 bits	
	6504	8 bits	
	6505	8 bits	
	6506	8 bits	
	6507	8 bits	
	6512	8 bits	
	6513	8 bits	
	6514	8 bits	
	6515	8 bits	
Mostek	F8	8 bits	
	MK3870	8 bits	
	Z80	8 bits	
	MK3871	8 bits	
	MK3880	8 bits	Idéntico al conocido microprocesador Z80
	MK5065	8 bits	
	MK3872	8 bits	
	MK3873	8 bits	
	MK3876	8 bits	

Motorola	M2901	4N bits	Idéntico al 2901 de AMD
	M3870	8 bits	Idéntico al 3870 de Mostek
	M6800	8 bits	
	68A00	8 bits	
	68B00	8 bits	
	6801	8 bits	
	6802	8 bits	
	6600	8 bits	
	6700	10 bits	
	MC141000	4 bits	Idéntico al TMS 1000 de Texas Instruments, en CMOS
	MC141200	4 bits	Idéntico al TMS 1200 de Texas Instruments en CMOS
	MC141099	4 bits	
	MC14500B	1 bit	
	6805	8 bits	
	6809	8 bits	
	GMCM	8 bits	
	10800	4N bits	
	MACS	16 bits	
NEC	μCOM-16N	16 bits	
	μCOM-42	4 bits	
	μCOM-43	4 bits	
	μCOM-44	4 bits	
	μCOM-45	4 bits	
	μPB-2901	4N bits	Idéntico al 2901 de AMD
	μPD-780	8 bits	Idéntico al Z80 de Zilog
	μPD-8048	8 bits	Idéntico al 8048
	μPD-8080A	8 bits	Idéntico al 8080
	μPD-8085	8 bits	Idéntico al 8085
	μPD-8748	8 bits	Idéntico al 8748
	μPD-8035	8 bits	Idéntico al 8035
	μPD-8041	8 bits	Idéntico al 8041
National Semiconductor (NS)	IMP-4	4 bits	
	IMP-8	4 bits	
	IMP-16	16 bits	

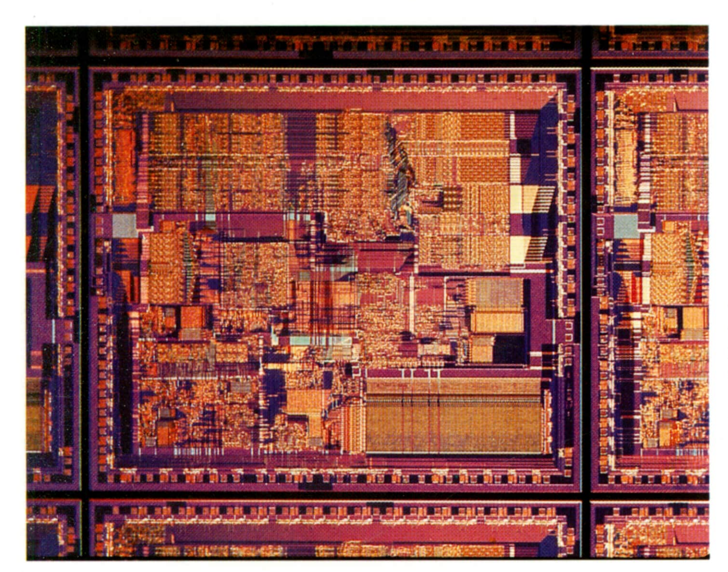
	INS-4004 (Fips)	4 bits	Idéntico al 4004 de Intel
	INS-2650	8 bits	Idéntico al 2650 de Signetics
	INS-8080A	8 bits	Idéntico al 8080
	IPC16(Pace)	16 bits	
	INS-8900	16 bits	Idéntico al Pace en CMOS
	SC/MP	8 bits	
	INS8060	8 bits	SC/MP II en CMOS
	MM5781	4 bits	
	MM5782	4 bits	
	MM5734	4 bits	
	MM5799	4 bits	
	MM57140	4 bits	
	MMGPC/P	4 bits	
	INS2900	4N bits	
	8048	8 bits	
	8049	8 bits	
	8030	8 bits	
	57109	—	
	COPS400	4 bits	
Panasonic	MN1400	4 bits	
Raytheon	2900	4N bits	
	2903	4N bits	
RCA	CDP1801	8 bits	
	CDP1802	8 bits	
	CDP1802/A	8 bits	
	CDP1803	8 bits	
	CDP1804	8 bits	
	ATMAC	8N bits	
	18085	8 bits	Idéntico al 8085 pero en CMOS/SOS
	18048	8 bits	Idéntico al 8048 pero en CMOS/SOS
	RAC	8 bits	Idéntico al 1802 en SOS
Rockwell	PPS-4	4 bits	
	PPS-4/1	4 bits	
	MM75	4 bits	
	MM76	4 bits	
	MM77	4 bits	
	MM78	4 bits	

	MM76C	4 bits	
	MM76D	4 bits	
	MM76E	4 bits	
	MM76L	4 bits	
	MM76EL	4 bits	
	PPS-4/2	4 bits	
	PPS-8	8 bits	
	PPS-8/2	8 bits	
	R6500	8 bits	
	R6500/1	8 bits	
RTC-Signetics	2650	8 bits	
	2650A	8 bits	
	8048	8 bits	
	8035	8 bits	
	8021	8 bits	
	MP8080A	8 bits	
	8X300	8 bits	En tecnología bipolar
	N3000	2N bits	
	2901-1	4N bits	
	8X02	4N bits	Idéntico al 2901-1
Sescosem (Thomson-CSF)	SSF96800	8 bits	Idéntico al 6800 de Motorola
	2901	4N bits	Idéntico al 2901 de AMD
	SFF96802	8 bits	Idéntico al 6802 de Motorola
	SFF96801	8 bits	Idéntico al 6801
	SFF96809	8 bits	Idéntico al 6809
	SFF968A00	8 bits	Idéntico al 6800 pero a 1,3 μs
	SFF968B00	8 bits	Idéntico al 6800, pero a 1 μs
SGS-Ates	M-38	8 bits	
	F8	8 bits	
	3870	8 bits	
	Z80	8 bits	
Siemens	AM2900	4N bits	
	SAB8080	8 bits	
	SAB8085	8 bits	
	SAB8021	8 bits	
	SAB8035	8 bits	
	SAB8041	8 bits	
	SAB8048	8 bits	

	SAB8049	8 bits	
	SAB8741	8 bits	
	SAB8748	8 bits	
	SAB329	1 bit	
Signetics (Ver referencias señaladas en RTC-Signetics)			
SSS	1802	8 bits	Idéntico al COSMAC de RCA
Synertek	GA16/110	16 bits	
	SY6500	8 bits	Idéntico al 6500 de MOS
	SY6502	8 bits	
	SY653	8 bits	
	SY6504	8 bits	
	SY6505	8 bits	
	SY6506	8 bits	
	SY6507	8 bits	
	SY6512	8 bits	
	SY6513	8 bits	
	SY6514	8 bits	
	SY6515	8 bits	
	SY6500-1	8 bits	
	Pseudo-16	8 bits	
Texas Instruments	SBP0400	4 bits	
	SBP0401A	4 bits	
	SN54/ 74LS481	4N bits	
	SN54S/ 74S481	4N bits	
	SBP9900A	16 bits	
	TMS9900	16 bits	
	TMS9980A	16 bits	
	TMS9940	16 bits	
	TMS9981A	16 bits	Idéntico al 9980 pero con oscilador incorporado
	TMS9900-1	16 bits	Idéntico al 9900 pero a 4 MHz
	TMS 9985	16 bits	
	TMS8080	8 bits	
	TMS1000	4 bits	
	TMS1100	4 bits	
	TMS1200	4 bits	
	TMS1300	4 bits	

	TMS1070	4 bits	
	TMS1270	4 bits	
	SBP9900A	16 bits	Idéntico al SBP9900 pero a 3 MHz
	TMS9985	8 bits	
Toshiba	TLCS-12A	12 bits	
Western Digital	MCP1600	16 bits	Idéntico al LSI-11
	CR1872	4 bits	
	WD16	16 bits	
Zilog	Z80	8 bits	
	Z8	8 bits	
	Z8000	16 bits	

Esta relación, sin ser totalmente exhaustiva es, sin embargo, lo suficientemente completa como para que el lector haya adquirido una idea bastante amplia para saber de qué componentes va a disponer en el mercado.



El modelo NS 32332 — A es la segunda generación plenamente compatible de microprocesadores de 32 bits, con característica y arquitectura de superminicomputador. Contiene en el mismo chip, el equivalente a 90.000 transistores. (Cortesía: National Semiconductor).

CRITERIOS PARA SELECCIONAR UN MICROPROCESADOR

Evidentemente, frente a un mismo problema son distintas las diferentes alternativas que se plantean, según sea el punto de vista con que se observen.

Por idéntico motivo, cuando un técnico se plantea la problemática de seleccionar un microprocesador de entre la gran variedad de ellos que el mercado le ofrece, no siempre se siguen los mismos criterios, pues son distintas las consideraciones.

A pesar de la complejidad de estos planteamientos, hay una serie de valoraciones que son más o menos habituales en todos los expertos que evalúan la utilización de un determinado microprocesador frente a sus competidores. La primera, aunque resulte evidente, es de gran importancia: la disponibilidad.

Es frecuente que técnicos de proyecto decidan «a priori» la utilización de determinado microprocesador sobre la base de disponer como único soporte las especificaciones técnicas provisionales del fabricante. Aunque cada vez la conformidad a las especificaciones de los productos fabricados por los suministradores de dispositivos microelectrónicos es mejor, la valoración «sobre el papel» de un dispositivo tan complejo como un microprocesador es, cuanto menos, no recomendable. Solamente un exhaustivo análisis experimental de las características y funcionalidad de un microprocesador permite sentar las bases de una decisión adecuada. La disponibilidad de los dispositivos en el momento de la decisión es pues el factor más importante.

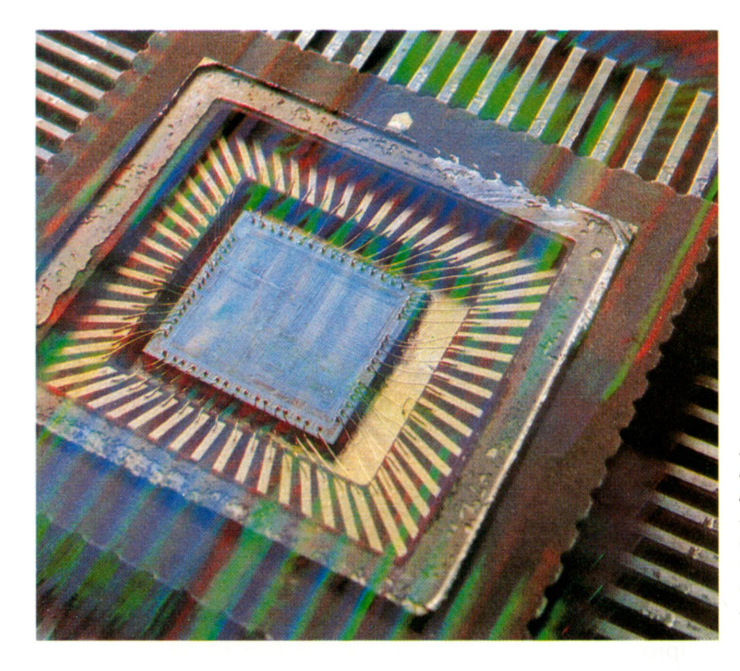
Es obvio también que para fabricar un determinado producto de la complejidad de un microprocesador es preciso disponer de un capital tecnológico que no puede improvisarse. Es fundamental que el fabricante aporte un sólido prestigio basado en una buena experiencia. Este será un elemento importante al considerar cualquier microprocesador de los que se ofrecen en el mercado.

Disponer de un microprocesador que posea abundante *software* es una ventaja considerable frente a aquellos casos en los que apenas exista aquél, al menos ampliamente experimentado. Obviamente, el proyectista deberá tener en cuenta este importante aspecto.

El juego de instrucciones de que dispone un microproce-

sador es también, claro está, aspecto trascendente en la elección. Es, en cierta medida, un indicativo de la capacidad del microprocesador para realizar determinados trabajos que el proyectista conoce mejor que nadie. La cantidad de instrucciones no es tan importante como la cualidad de las mismas y, por encima de todo, la potencia que las mismas otorgan al microprocesador.

La velocidad en la ejecución de las instrucciones es elemento de importancia relativa para según qué tipo de aplicaciones, y en cambio, vital, en otras.



La construcción y acabado de los microprocesadores ha de ser muy cuidada, porque son circuitos complejos que se han desarrollado en un espacio muy reducido. (Cortesía: Standard).

La arquitectura interna de los microprocesadores limita considerablemente su campo de aplicaciones o, lo que es más exacto, lo condiciona. El técnico debe tener bien claro cuál va a ser la utilización que va a exigirle al microprocesador y decidir si la arquitectura del mismo va a satisfacer sus necesidades.

Disponer de una sola fuente de suministro no es recomendable en los casos en que vayan a ser utilizados en grandes

series determinados tipos de microprocesadores. A veces, (cosa difícil de ser valorada convenientemente por los proyectistas) es mejor sacrificar la última novedad tecnológica, en alguna ocasión poco experimentada, y decidir el uso de un microprocesador que disponga de segundas fuentes en el mercado, esto es, que haya más de un fabricante que lo produzca. Este es el caso de los microprocesadores más populares y no por ello menos interesantes para ser usados.

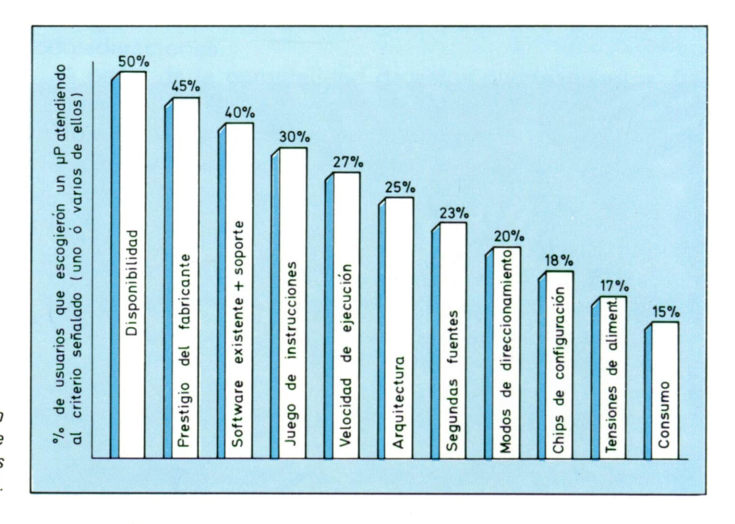


Figura 11. Ponderación de los criterios de selección de los microprocesadores.

La capacidad de direccionamiento y los distintos modos que cada microprocesador permite son, indirectamente, indicativo de una mayor potencia del microprocesador. Según el tipo de aplicación que busque el proyectista le será más apropiado un modo u otro, aunque es evidente que, a igualdad de condiciones, los microprocesadores que permitan un mayor número de modos de direccionamiento serán preferidos frente a los demás.

El número de circuitos integrados que forman las configuraciones, el número de tensiones necesarias y el consumo, son siempre elementos dignos de evaluar de forma adecuada y que, en todo caso, el proyectista deberá tener en cuenta al tomar una decisión.

Cada uno de estos factores tendrá un peso específico en cada caso, según el tipo de problema que el proyectista tenga

enfrente, pero en todo caso una estadística sobre las preferencias o factores de más peso que el técnico pondera ante la selección de un microprocesador no se aparta mucho de la que se muestra en la figura 11.

Otras consideraciones más específicas sobre la fiabilidad, protecciones, encapsulados especiales, acabado superficial de los terminales de salida, etc., no se han referido en este apartado por ser exclusivas de aplicaciones muy concretas que exigen tales prescripciones.

TECNOLOGIAS DE FABRICACION DE μP

Como el lector habrá ya estudiado a lo largo de esta obra,

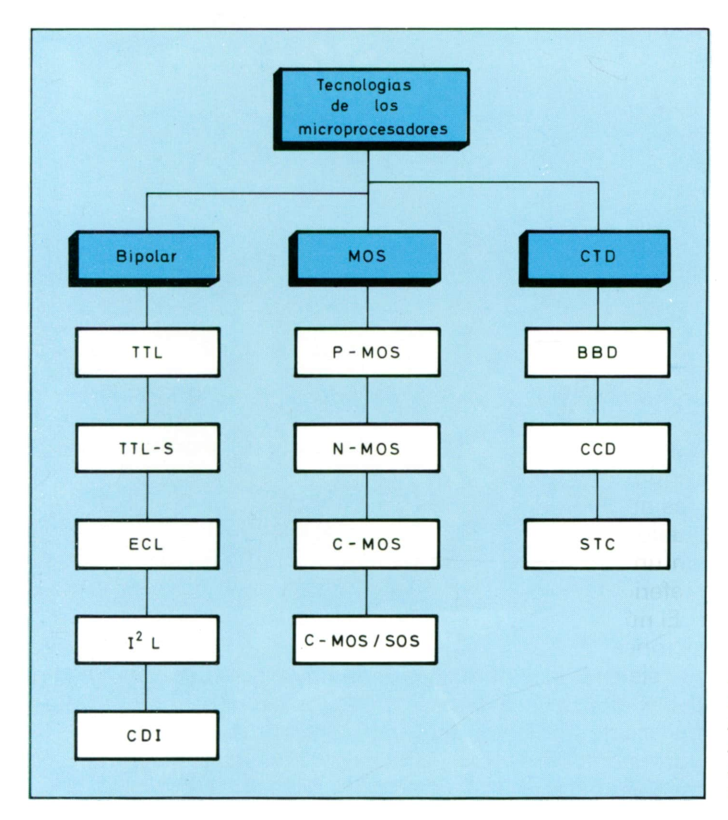
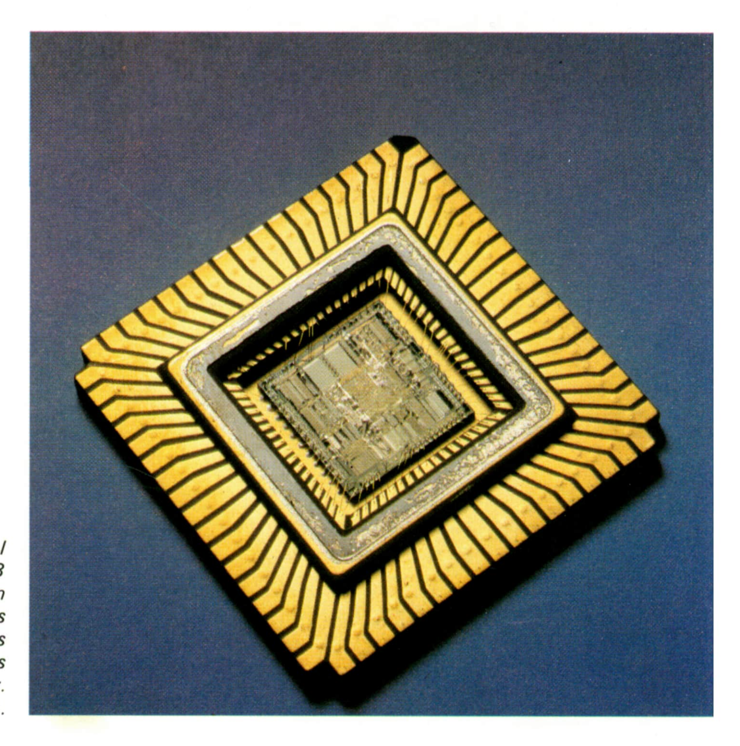


Figura 12. Arbol tecnológico en donde se muestran los diferentes métodos que pueden seguirse en la obtención de microprocesadores.

los circuitos integrados, atendiendo a su complejidad, esto es, al número equivalente de puertas lógicas integradas, se clasifican en tres categorías:

1) **SSI**. De baja escala de integración, entre 1 y 10 puertas (equivalente a menos de 100 transistores en tecnología MOS).
2) **MSI**. De media escala de integración, entre 10 y 100 puertas (equivalentes entre 100 y 1.000 transistores).
3) **LSI**. De gran escala de integración, entre 100 y 1.000 puertas (equivalente entre 1.000 y 10.000 transistores).



Chip correspondiente al microprocesador SAB 82258. Pueden observarse las conexiones de las patillas exteriores con las diferentes zonas del microprocesador. (Cortesía: Siemens).

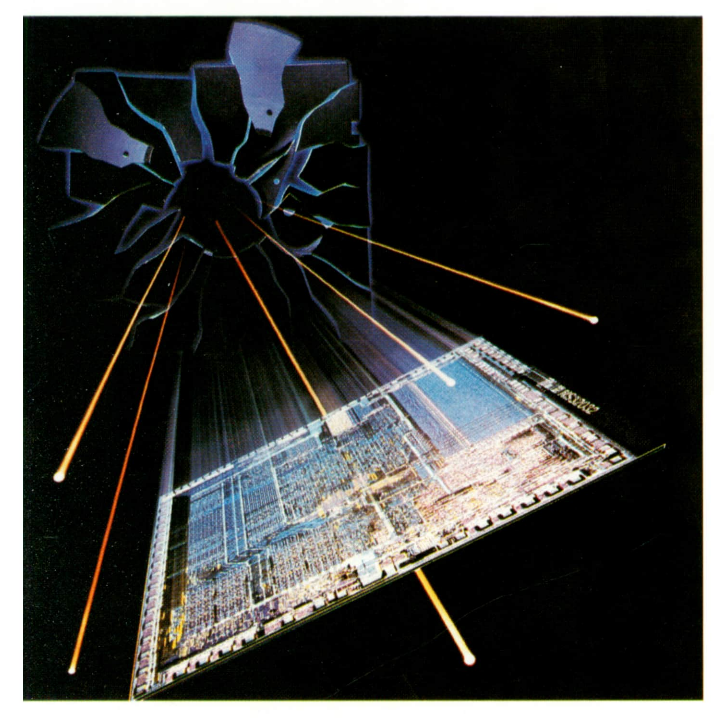
Esta clasificación ha quedado hoy en día insuficiente para permitir la clasificación de todos los circuitos integrados, ya que la integración de éstos es cada vez mayor y el número de transistores por unidad de superficie es, consecuentemente, también mayor.

Debido a esto, una nueva categoría de circuitos integrados ha aparecido: los **VLSI**; éstos deben su denominación a las primeras letras de su significado en inglés: *Very Large Scale Integration.* Estos circuitos integrados agrupan aquellos dispositivos con un número equivalente de puertas lógicas superior a 1.000, o sea, con más de 10.000 transistores.

Esta clasificación es independiente de la tecnología de los circuitos que se consideren, si bien habrá que señalar que cada tecnología, principalmente por consideraciones de disipación, permite en sí misma niveles de integración distintos.

Referidas únicamente al terreno de los microprocesadores, las tecnologías más usadas son las siguientes (figura 12):

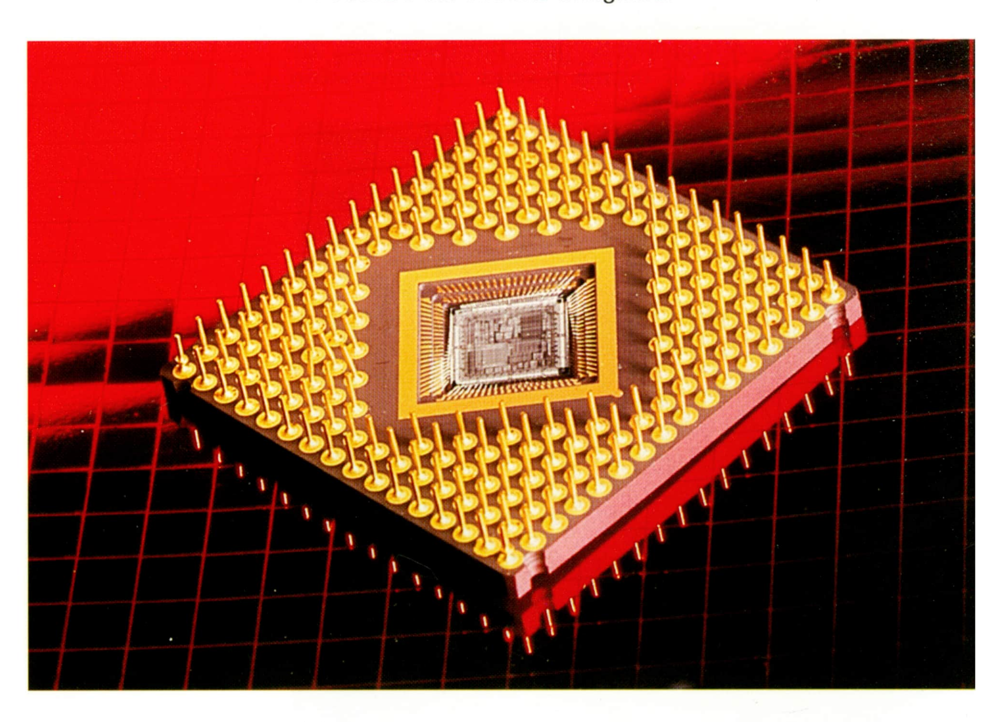
Bipolares. TTL. TTL-Schottky, ECL, I^2L, CDI.
MOS. PMOS, NMOS, CMOS, CMOS/SOS.
CTD. BBD, CCD, STC.



Los microprocesadores están evolucionando rápidamente y gran parte de los equipamientos electrónicos actuales emplean estos dispositivos. (Cortesía: National Semiconductor).

Otras familias derivadas de las señaladas, han proporcionado algunos circuitos microprocesadores, pero de escasa relevancia.

Cada una de estas familias de tecnología en la fabricación de los microprocesadores se distingue por características técnicas diferenciales: la velocidad de respuesta del circuito integrado, el consumo energético de los mismos y el factor de calidad del circuito integrado.



Microprocesador de la firma National Semiconductor, dispuesto en forma de «cama de agujas» para su incorporación a los circuitos.

La velocidad de un circuito integrado puede identificarse por el tiempo de propagación, esto es, por el tiempo en que un impulso digital es capaz de atravesar una puerta lógica elemental. Este tiempo suele ser del orden de algunos nanosegundos (un nanosegundo equivale a una mil millonésima de segundo). También puede reconocerse la mayor o menor velocidad de un microprocesador por la mayor o menor frecuencia del reloj a que puede llegar a funcionar el dispositivo. Suelen ser frecuentes valores entre algunos kHz

y algunos MHz. Recordar que 1 kHz, son mil oscilaciones por segundo y que 1 MHz son 1.000 kHz, es decir, un millón de oscilaciones por segundo.

La disipación de potencia de los circuitos integrados es uno de los caballos de batalla de los fabricantes, ya no sólo por la posibilidad de poder usar fuentes de alimentación de menor potencia, y por ello de menor tamaño y coste, sino también por el hecho de que la baja disipación energética permite una mayor escala de integración, permitiendo con ello una considerable reducción de tamaño de los chips o, en contrapartida, una mayor complejidad funcional.

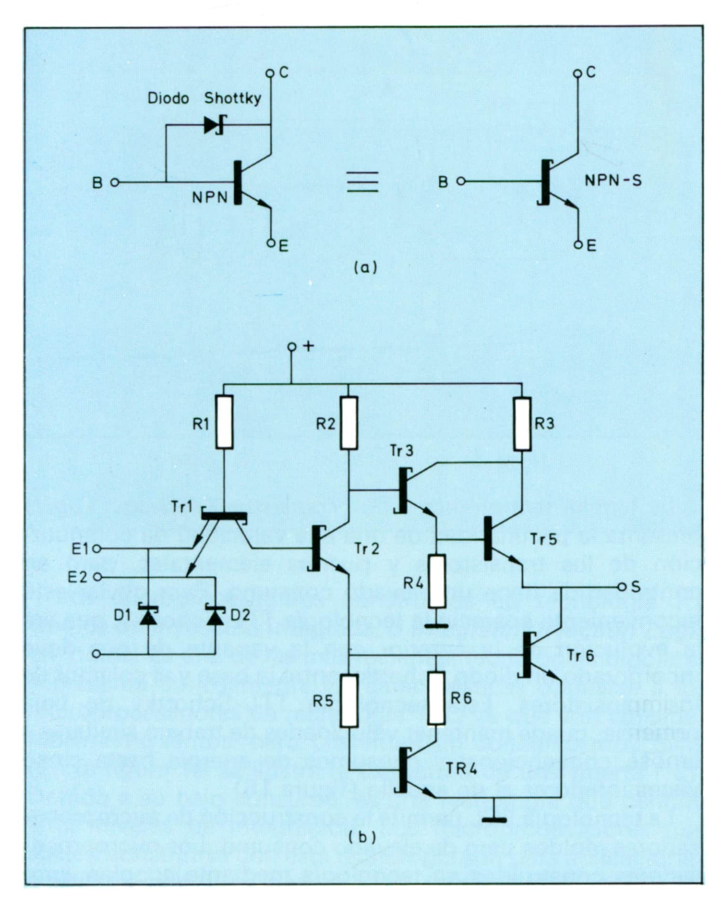


Figura 16. a) Equivalente tecnológico de un transistor para puertas TTL Schottky; b) puerta TTL Schottky de dos entradas.

Dado que el estudio detallado de las distintas tecnologías de fabricación de los circuitos integrados en general será objeto de detenido análisis en otro libro, se van a referir aquí únicamente aspectos particulares de algunas de ellas, pero siempre bajo la óptica de los circuitos integrados microprocesadores más que de puros aspectos tecnológicos.

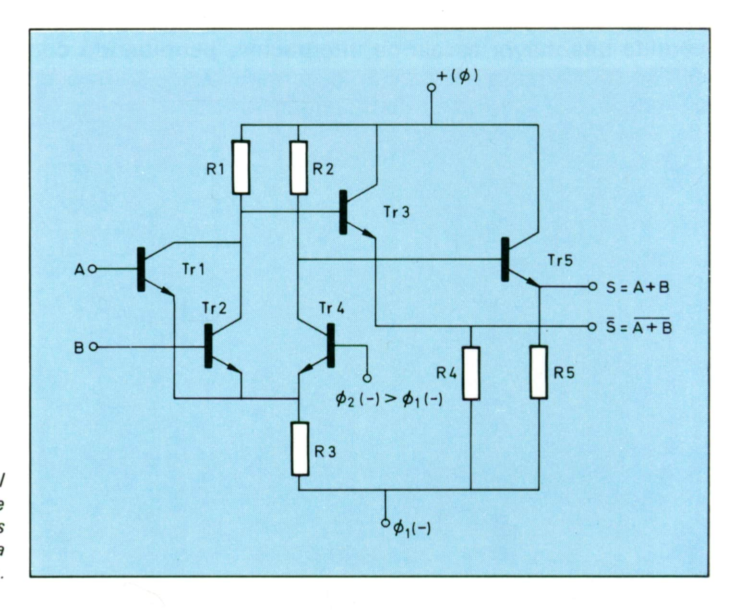


Figura 17. Puerta digital en tecnología ECL, base de los microprocesadores construidos en base a la misma.

La familia tecnológica TTL (*Transistor Transistor Logic*) presenta la peculiaridad de una alta velocidad de conmutación de los transistores y puertas elementales, pero en contrapartida tiene un elevado consumo. Para obviar este inconveniente apareció la tecnología TTL-Schottky, que era la evolución de la anterior con la variante de que lleva incorporado un diodo Schottky entre la base y el colector de los transistores. Esta tecnología TTL-Schottky de baja potencia, puede mantener velocidades de trabajo similares a la TTL convencional y consumos de energía hasta cinco veces inferiores al de aquella (figura 16).

La tecnología ECL permite la construcción de microprocesadores rápidos pero de elevado consumo. Los microprocesadores construidos en tecnología mediante acoplamiento

por emisor son habitualmente para aplicaciones especiales no estándar, ya que el grado de integración que permiten no es grande dado su elevado consumo (figura 17).

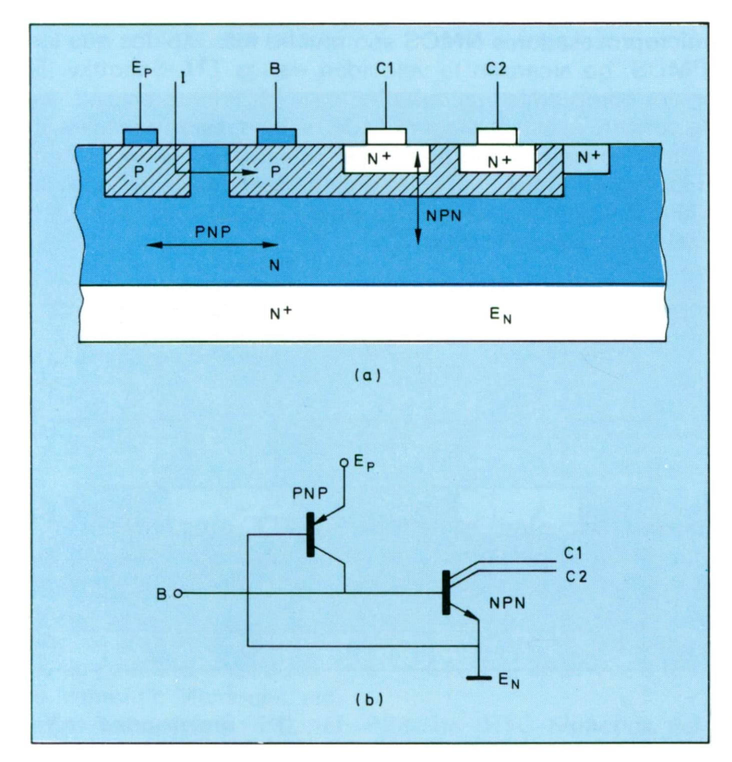


Figura 18. a) Corte transversal de una puerta I^2L; b) Esquema eléctrico equivalente de una puerta I^2L.

Los microprocesadores construidos en tecnología I^2L (lógica de inyección integrada, o *Integrated Injection Logic* en inglés) es una de las más recientes tecnologías bipolares y presenta curiosamente las características opuestas a los microprocesadores de tecnología TTL, ya que son considerablemente lentos, pero presentan un consumo muy bajo. (En la figura 18 se ilustra la estructura de una puerta I^2L). Debido a su bajo consumo, es una tecnología que permite altos niveles de integración. Los microprocesadores que suelen construirse con esta tecnología son para aplicaciones a equipos portátiles o autónomos (alimentados a través de

células solares, baterías recargables, etc.) donde la velocidad no es una consideración importante. Los microprocesadores construidos con tecnología MOS, ya sean de canal P o de canal N, son considerablemente más lentos que los TTL, pero su consumo es también mucho más bajo. Aunque los microprocesadores NMOS son mucho más rápidos que los PMOS, no alcanzan la velocidad de los TTL-Schottky. El mejor compromiso tecnológico para los microprocesadores lo constituye la tecnología CMOS, si bien, estos no alcanzan aún la velocidad que tienen los construidos en tecnología TTL, son enormemente más convenientes desde un punto de vista energético, ya que alcanzan niveles de consumo realmente insignificantes.

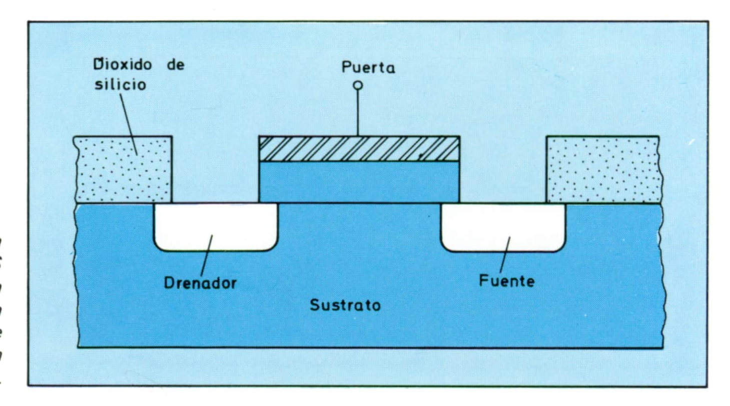


Figura 19. Corte de una pastilla de transistor MOS de silicio, base de la estructura microelectrónica que configura un microprocesador MOS.

Debido a esto, los microprocesadores construidos en tecnología CMOS permiten una alta escala de integración y presentan una mayor fiabilidad, siendo muy recomendables para ser utilizados en equipos en los que se desea obtener una larga vida.

Desde el punto de vista del consumo y de la velocidad de trabajo los microprocesadores construidos en tecnología SOS/MOS son los que conjugan más positivamente las dos cualidades, aunque presentan el inconveniente de su elevado precio. Es por ello que prácticamente sólo se usan en aplicaciones militares, estacionales, etc. En esta tecnología, los elementos básicos de conmutación están construidos dentro del propio silicio, depositados en una especie de

islas sobre un sustrato de zafiro, (SOS proviene de la denominación inglesa *Silicon on Saphire*).

Para finalizar este apartado se citan a continuación las tecnologías en que están fabricados algunos microprocesadores:

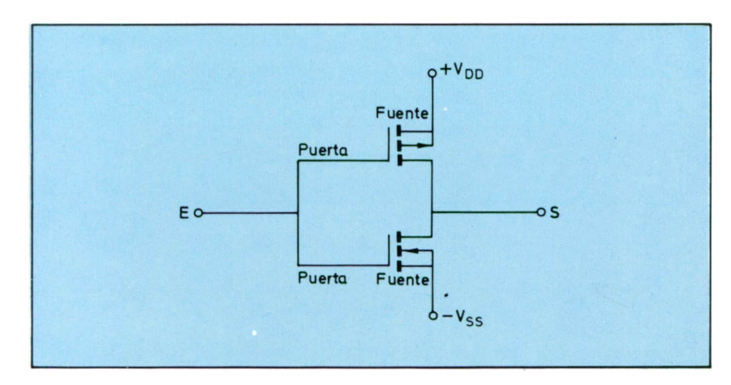


Figura 20. Circuito equivalente de una puerta CMOS de microprocesador fabricado en esta tecnología.

En tecnología TTL-Schottky de bajo consumo. AM2901 de AMD, el 8300 de Signetics, el 9400 de Fairchild, SFC 92900 de Sescosem, el 2903 de AMD, entre otros.

En tecnología TTL-Schottky Standard. El Macrológic de Fairchild, el 3000 de Intel, el 5700, el 6501 y el 6701 de Monolitic Memories, etc.

En tecnología I^2L. El PP8 de RTC-Signetics, el SBP0400 de Texas Instruments y el SBP9900 también de Texas Instruments, entre otros varios.

En tecnología PMOS. Entre muchos otros, el 9029 de AMI, el 8008 de Intel, el PACE de National, el μCOM-45 de NEC, el PPS-8 de Rockwell, el TMS 1000 de Texas Instruments, el TLCS-12A de Toshiba.

En tecnología NMOS. Entre muchos otros, el 9080 de AMD, el F3872 de Fairchild, el PIC 1650 de General Instruments, el 8080, 8085, 8086 y el 8022 de Intel, el MK3880, 3870, 3871, 3872, 3873 y 3876 de Mostek, el 6800 de Motorola, el SAB 4080 de Siemens, el 2650 de Signetics, el TMS 9900 de Texas Instruments, el Z80, Z8 y Z8000 de Zilog.

En tecnología CMOS. El HM6100 de Harris, el MCC de Hewlett Packard (SOS/CMOS), el MC14500, 141000, 141200, y 141099 de Motorola, el COPS420 de National, el Cosmac, el CDP1802, 1803, 1804, ATMAT de RCA y la serie TMS 1000, 1100 y 1200 de Texas Instruments y otros.

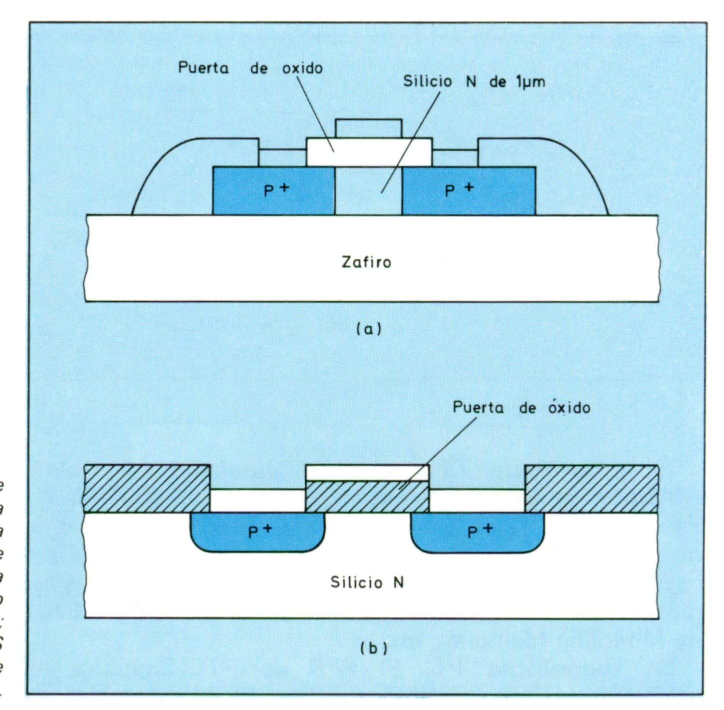


Figura 21. a) Corte transversal de la estructura microelectrónica que configura una puerta SOS/MOS con sustrato de zafiro; b) Estructura MOS convencional sobre sustrato de silicio.

DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR DE 8 BITS 8085

Con este apartado se inicia una serie destinada a un estudio detallado de los microprocesadores más populares en el mercado español. Es preciso aclarar que con estos libros no se pretende sustituir a los manuales de características que los fabricantes y distribuidores de microprocesadores ponen a disposición de técnicos y especialistas, sino que se pretende dar una visión extractada

que permita acceder a un estudio más profundo con plenas garantías de éxito.

Características extractadas

Fabricante original: Intel
Longitud de las palabras: 8 bits.
Fabricado en tecnología MOS de canal N
Sistema completo realizable en tres circuitos, como se aprecia en la figura 23.



La enorme potencia o capacidad de trabajo de los microprocesadores, permite crear pequeños pero sofisticados aparatos electrónicos, para múltiples aplicaciones.

Oscilador de 3 MHz incluido en la CPU.
Cuatro niveles de interrupciones vectorizadas.
Ciclo básico de 1,3 μs.

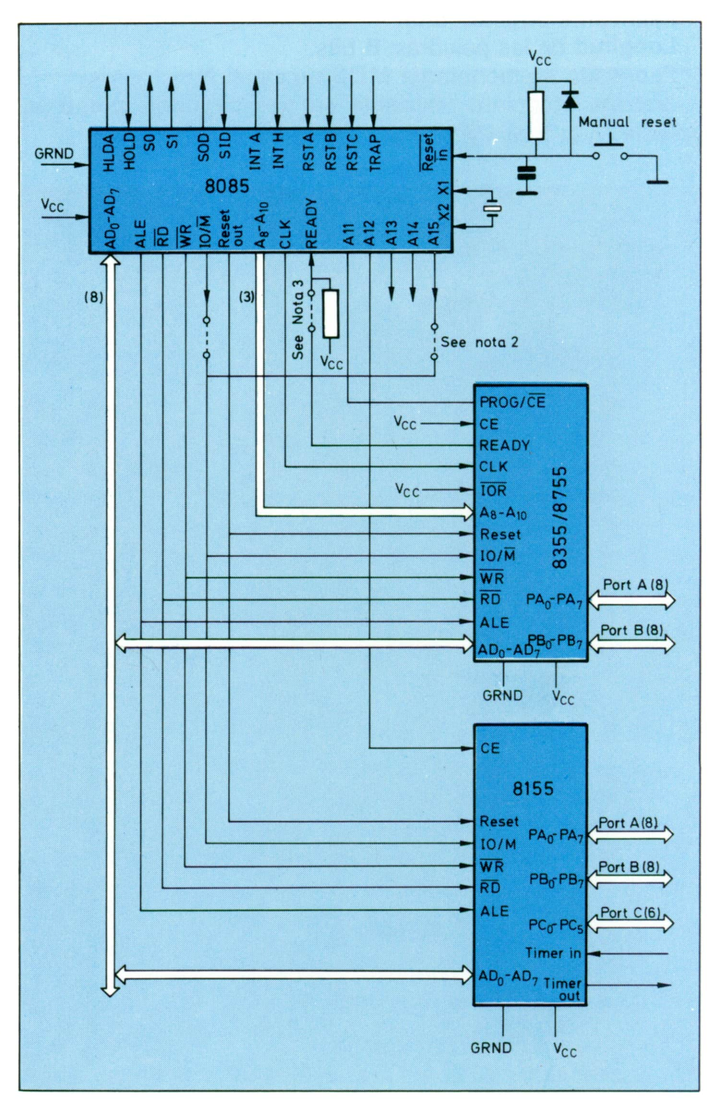


Figura 23. Configuración mínima con el microprocesador 8085 de la firma Intel.

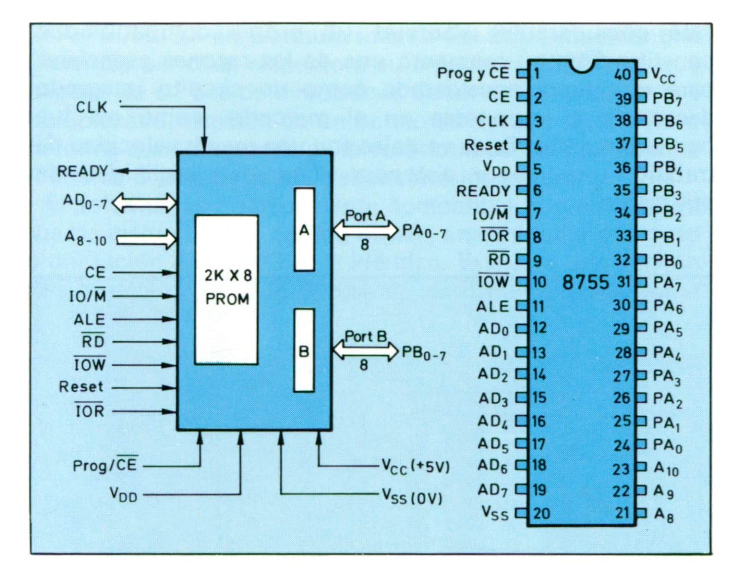


Figura 24. Diagrama de bloques de la memoria REPROM, modelo 8755.

El 8085, creado por la firma norteamericana Intel, es el sucesor del circuito integrado microprocesador 8080.

El 8085 es compatible con el 8080, pero ofrece respecto a

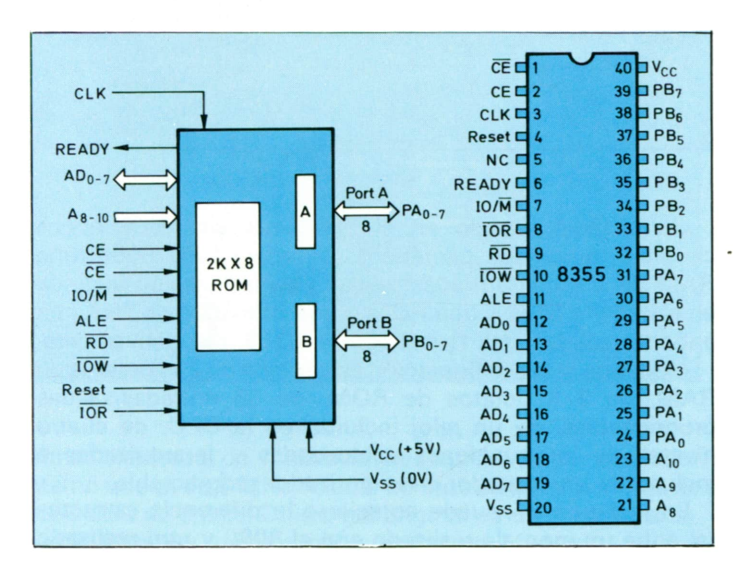


Figura 25. Diagrama de bloques de la memoria ROM de 2 koctetos modelo 8355.

éste considerables ventajas (la propia compatibilidad constituyó en su momento una de las razones esenciales para que fuera considerado como un circuito integrado destinado a imponerse en el mercado, como así fue posteriormente). Estas ventajas son una mayor velocidad de trabajo, una mayor potencia y mayor simplicidad de utilización.

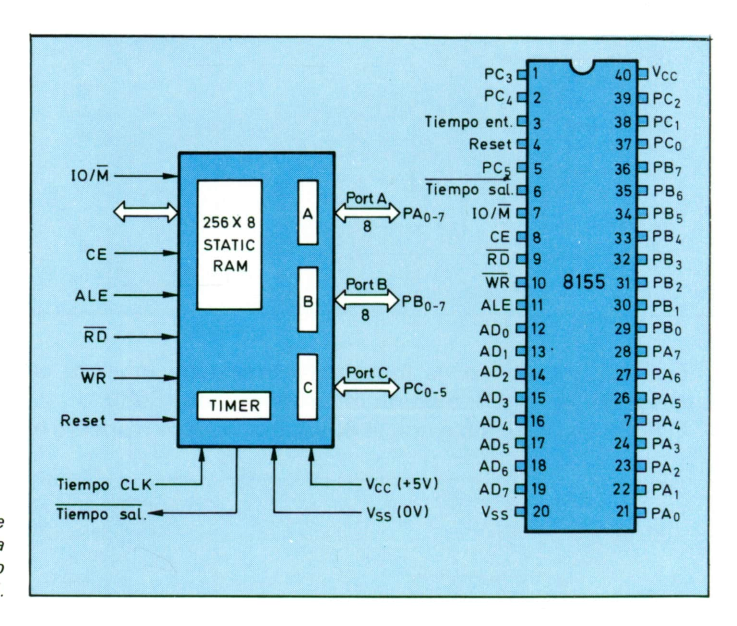


Figura 26. Diagrama de bloques de la memoria RAM de 2 k, modelo 8155.

Un sistema basado en el 8085 necesita muy pocos circuitos integrados periféricos: la propia CPU 8085, una RAM de 2 K con entradas/salidas y temporización incluida en el circuito 8155 y una ROM o una REPROM de 16 K con entradas/salidas del tipo 8355 ó 8755 respectivamente.

Mediante esta configuración se dispone de 256 octetos de RAM, de 2 K octetos de ROM, de 38 entradas/salidas programables, de un reloj incluido en la CPU, de cuatro niveles de interrupciones vectorizadas y jerarquizadas e incluso de un contador o temporizador programable.

En la figura 27 puede apreciarse la diferencia estructural entre un montaje realizado con el 8080 y otro realizado

con el 8085. La arquitectura interna del 8085 muestra una diferencia principal respecto a su antecesor 8080 y es que dispone de un bus de direcciones de un octeto y de un bus multiplexado, también de un octeto de datos y direcciones, de forma que, sin merma en la velocidad de trabajo, permite ahorrarse 8 pins de salida del circuito integrado.

El software es rigurosamente compatible con el 8080 ya que las instrucciones, código objeto, ensamblador e incluso la utilización de las ROM es idéntica. Existe ya una versión muy popular, que es el 8085A-2, en el que destaca como

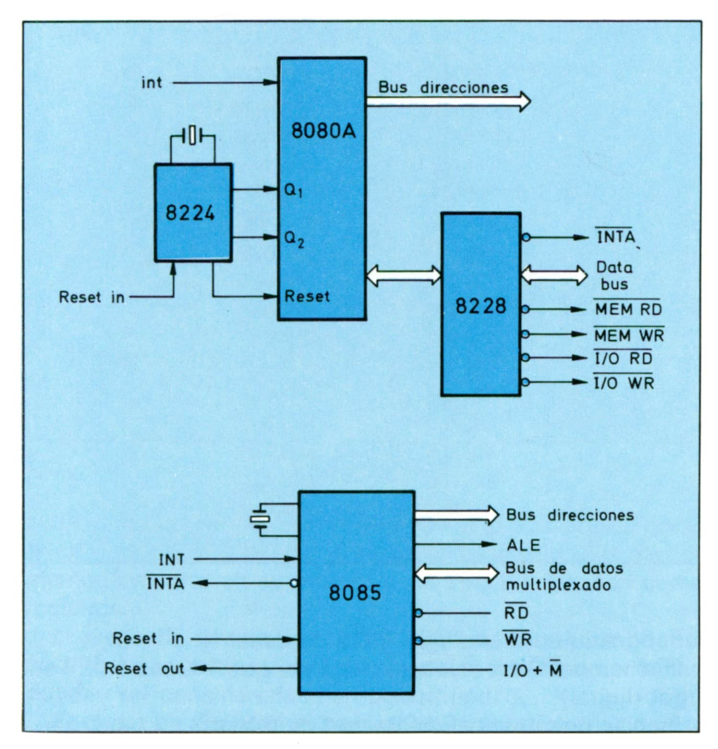


Figura 27. Configuraciones comparativas entre los microprocesadores 8080 y 8085 de la firma Intel.

primer elemento de interés la frecuencia de su oscilador interno que es de 5 MHz, lo cual permite alcanzar tiempos de microciclo de 0,8 μs. Difiere del original en diversas señales, que le permiten ganar aun mayor operatividad.

DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR DE 8 BITS 2650

Características extractadas

Longitud de la palabra: 8 bits.

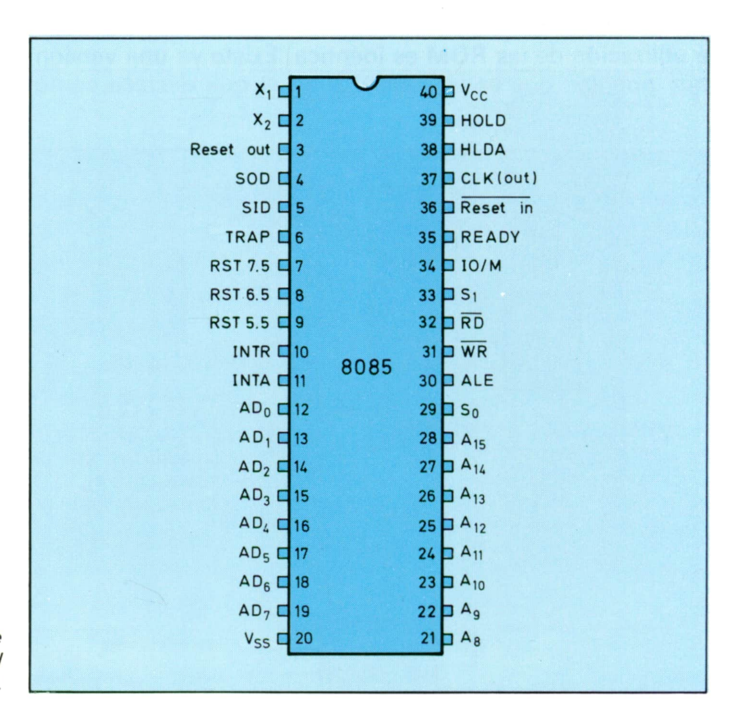


Figura 28. Diagrama de conexiones externas del microprocesador 8085.

Fabricado en tecnología MOS de canal N.

Direcciones 32 K palabras (recordar que 1 K son 1.024 en argot digital).

Precisa una única alimentación de 5 Vcc.

Posee 8 modos de direccionamiento.

Dispone de 7 registros generales direccionables.

Tiene un nivel de interrupción vectorizado.

El microprocesador 2650 fue desarrollado por Signetics (Philips) y está integrado en un único circuito integrado de

40 terminales. Su ejecución está basada en la técnica denominada de *implantación iónica* y alimentado a 5 Vcc (única fuente que necesita); consume únicamente del orden de 500 mW.

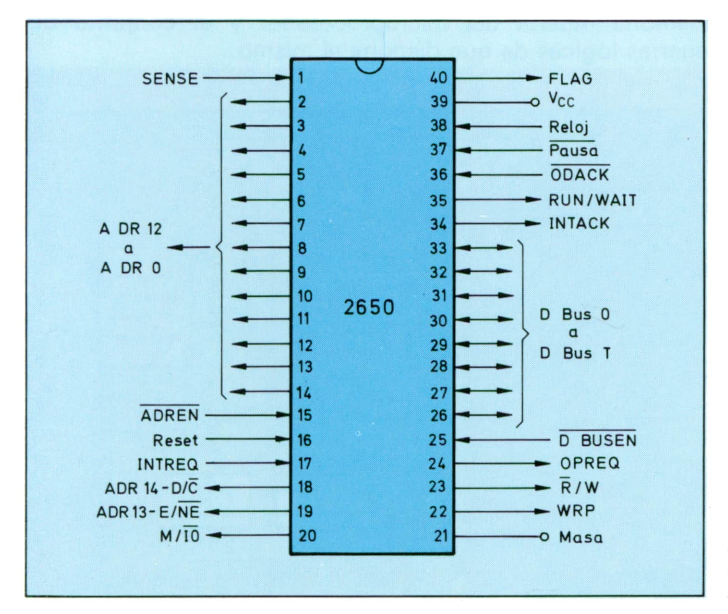


Figura 29. Diagrama de conexiones externas del microprocesador 2650.

Estructuralmente hablando, el 2650 está constituido por el equivalente a 900 puertas lógicas, dispone de 576 bits de memoria muerta en su interior y de 250 bits usados como registros.

El juego de instrucciones del 2650 de Signetics cuenta con 75 instrucciones, de las que poco menos de la mitad pueden ser consideradas de tipo aritmético.

Es capaz de direccionar hasta 32 K bytes (octetos) que se encuentren organizados en 4 páginas de 8 K octetos cada una.

Dado que el funcionamiento del dispositivo es totalmente estático, puede funcionar a cualquier frecuencia inferior a 1,25 MHz de frecuencia máxima que el circuito permite.

Su organización estructural puede apreciarse en la figura

30. Los tres primeros octetos de las instrucciones son muestreados por el microprocesador al bus de datos y son cargados en el registro de instrucciones, en el registro auxiliar y en el registro de datos.

Las instrucciones son posteriormente decodificadas siguiendo el proceso impuesto por el contenido de la memoria muerta del microprocesador y el conjunto de puertas lógicas de que dispone el mismo.

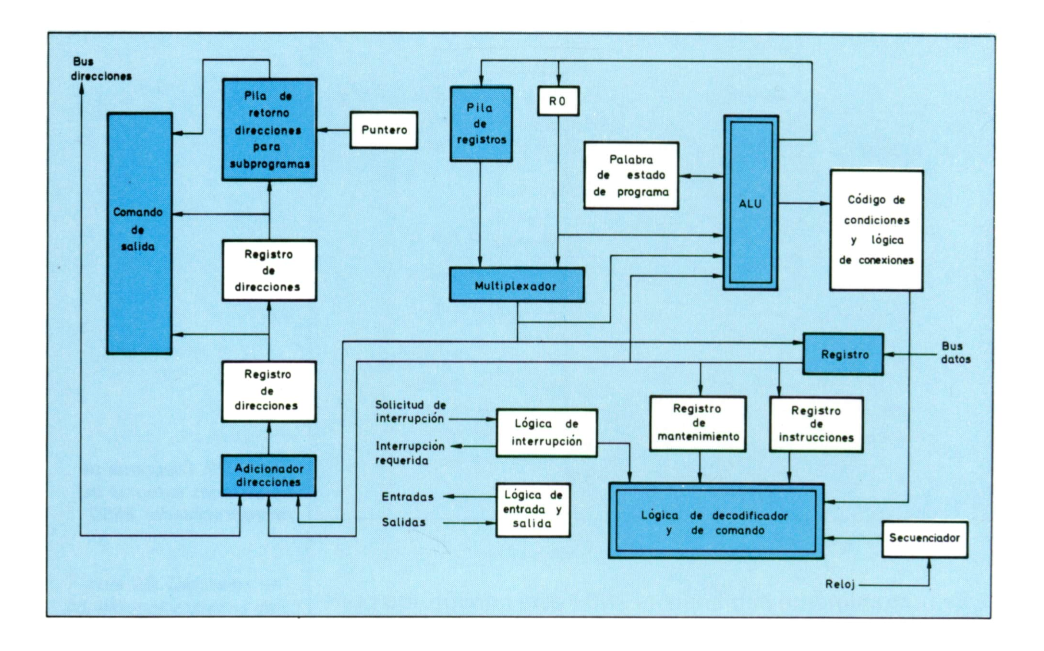
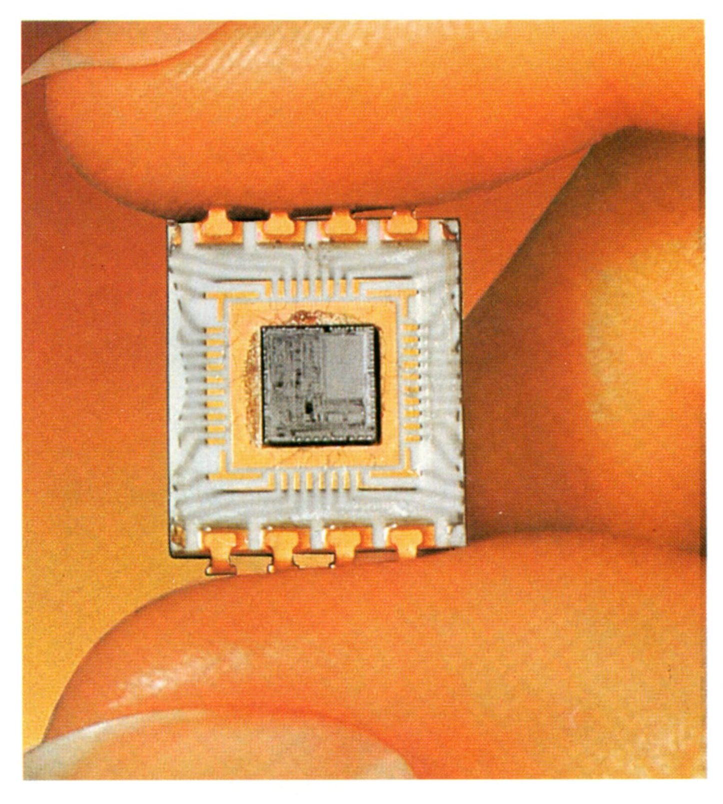


Figura 30. Arquitectura interna del microprocesador modelo 2650.

La UAL (unidad aritmética y lógica) manipula los datos de 8 bits en modo paralelo. Un segundo sumador es el encargado de incrementar el registro de la dirección de la instrucción, de forma que pueda calcular la dirección de los operandos según las técnicas de direccionamiento relativo o indexado.

Los registros de uso general y los registros de retorno después de un salto a subrutina están soportados por células RAM estáticas en forma de 7 registros de un octeto en el primer caso y en el segundo en forma de 8 registros de 15 bits cada uno.

El acceso a la palabra de estado es una de las características altamente apreciadas de este circuito integrado 2650 de Signetics. Esta característica incrementa notablemente la potencia del tratamiento de la información, ya que permite el reconocimiento externo del estado interno del microprocesador modificado a través de instrucciones adecuadas.



Minicomputador encapsulado en un chip de 8 patillas. Este circuito controla el funcionamiento de las famosas máquinas de coser automáticas Singer.

Otra característica muy apreciada del microprocesador 2650 es la posibilidad de hacer decrecer hasta cero la frecuencia de trabajo del mismo, lo cual permite, como el lector puede comprender, una capacidad total para sincronizar su funcionamiento con cualquier periférico que le sea conectado. Esta peculiaridad le permite, a su vez, desarrollar

las instrucciones paso a paso, lo cual facilita enormemente el seguimiento de los problemas y la puesta a punto de los equipos basados en este microprocesador. Debido a ello, también es posible detener fácilmente el microprocesador.

Otra ventaja interesante del 2650 es que el fabricante ha completado una extensa gama de circuitos integrados periféricos, además de los ya existentes, tanto en el terreno de las memorias como en circuitos estándar.

El sistema mínimo se compone de siete circuitos integrados, según puede apreciarse esquemáticamente en la figura 32.

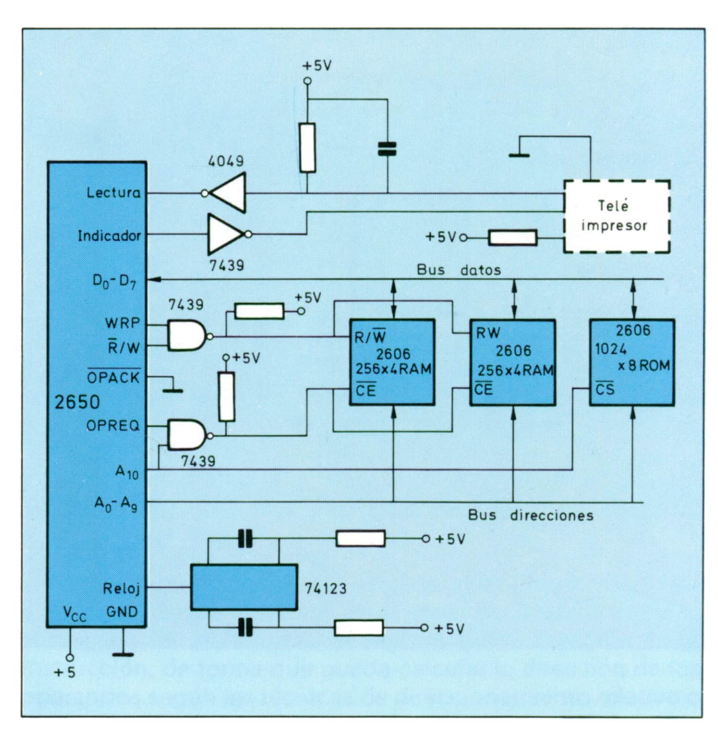


Figura 32. Configuración mínima con el microprocesador 2650.

En cuanto a las instrucciones de que dispone el 2650, que como se ha referido anteriormente son 75, aunque no se van a tratar de forma exhaustiva, sí es posible agruparlas en conjuntos más o menos homogéneos, de forma que esta

sencilla clasificación permita una valoración sobre la potencia del referido juego de instrucciones.

El 2650 dispone así de 7 instrucciones de almacenamiento o carga de los distintos registros: LODZ, LODR, LODI, LODA, STRZ, STRR, y STRA.



Los microprocesadores se encapsulan en dispositivos multiterminales, frecuentemente del tipo que se indica en la fotografía.

De otra parte, dispone de nueve instrucciones estrictamente aritméticas: ADDZ, ADDI, ADDR, ADDA, SUBZ, SUBI, SUBR, SUBA, DAR.

También doce instrucciones de funciones lógicas: ANDZ, ANDI, ANDR, ANDA, IORI, IORR, IORA, EORZ, EORI, EORA, EORR, IORZ.

Cuatro instrucciones de comparación: COMZ, COMI, COMR, COMZ.

Dos instrucciones de rotación: RRR, RRL.

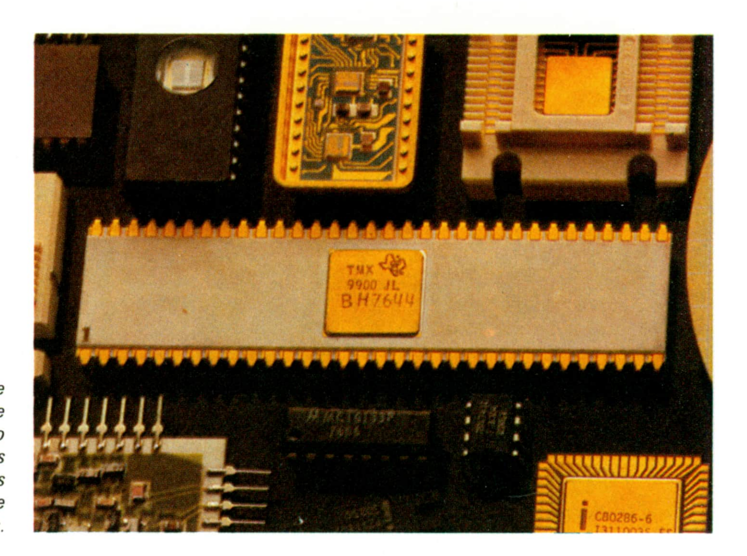
Doce instrucciones de conexión: BCTR, BCTA, BCFR, BCFA, BRNR, BRNA, BRR, BRA, BDRR, BDRA, ZBRR, BXA.

Por otra parte, diez instrucciones de conexión a subrutina o subprogramas: BSTR, BSTA, BSFR, BSFA, BSNR, BSNA, ZBSR, BSXA, RETC, RETE.

Seis instrucciones de entradas/salidas: WRTD, REDD, WRTC, REDC, WRTE, REDE.

Diez instrucciones de manipulación de palabras de estado interno: LPSU, LPSL, SPSU, SPSL, CPSU, CPSL, PPSU, PPSL, TPSU, TPSL.

Y, finalmente, tres instrucciones diversas: HALT, NOP, TMI.



Detalle del TMX 9900 de Texas Instruments, donde se aprecia el encapsulado cerámico entre otros tipos de componentes microelectrónicos e híbridos.

Es evidente que con este enunciado no se pretende sustituir el manual de características que proporciona el fabricante, sin embargo permitirá al lector, que ya haya alcanzado un cierto grado de familiaridad con el lenguaje nemónico que habrá ido conociendo a lo largo de estos últimos libros, comprender el alcance y utilidad de las instrucciones señaladas.

DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR DE 8 BITS Z80

Características extractadas

Longitud de las palabras procesadas: 8 bits.
Fabricado en tecnología MOS de canal N.
Dispone de 17 registros accesibles.
Alimentación única a 5 Vcc.

Permite direccionamiento inmediato, a página cero, relativo, indexado, mediante registro especial, implícito, indirecto mediante registro especial, mediante bits, etc.

Posee 158 instrucciones ya que, además de algunas especialmente desarrolladas para estos dispositivos, contiene todas las instrucciones del 8080 A de Intel, respecto al cual es completamente compatible.

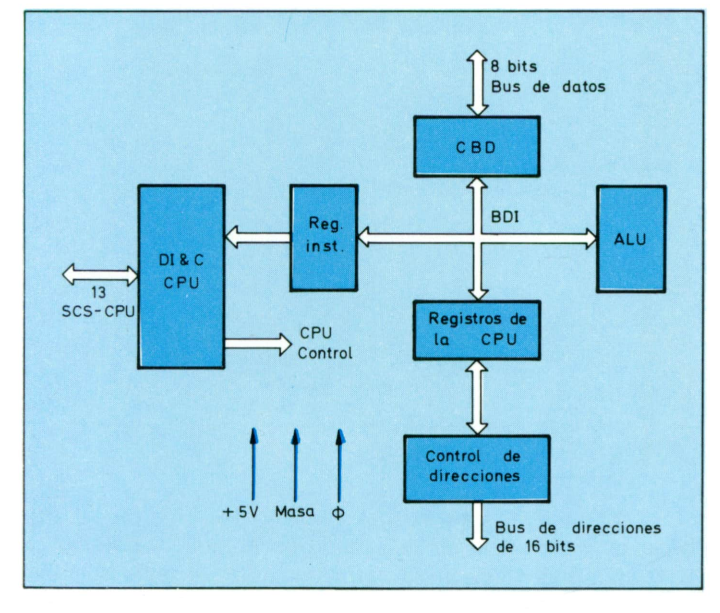


Figura 35. Arquitectura sintetizada del microprocesador Z-80.

Dispone de tres modos de interrupciones.

El Z80 desarrollado por Zilog, fue comercializado por el mismo fabricante a partir de 1976 como sustituto, mucho

más potente, del 8080 A de la firma Intel. Hay que señalar que, de hecho, Zilog nació a partir de personal perteneciente anteriormente a la firma Intel.

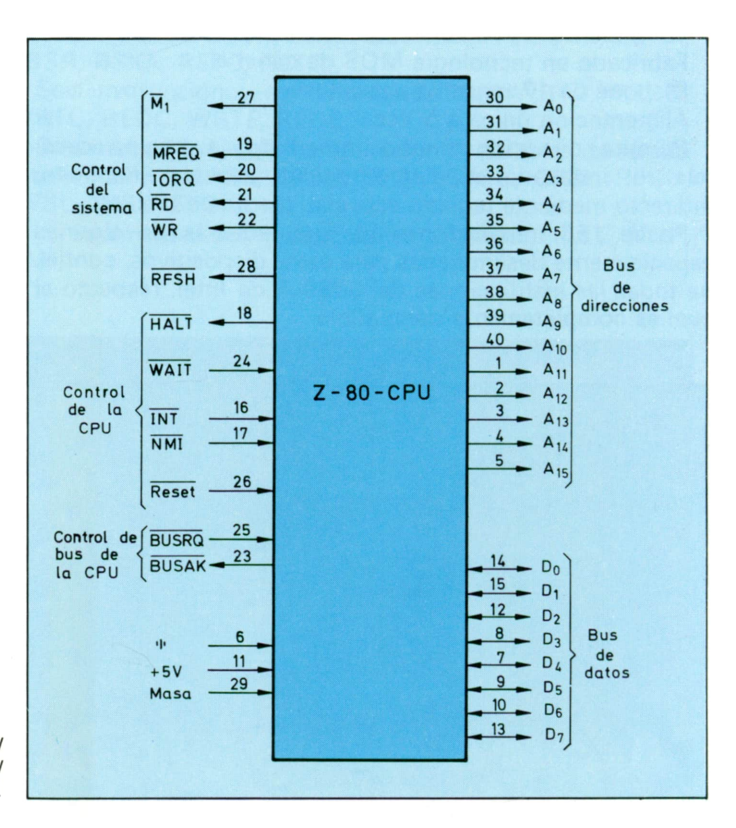


Figura 36. Diagrama del conexionado externo del microprocesador Z-80.

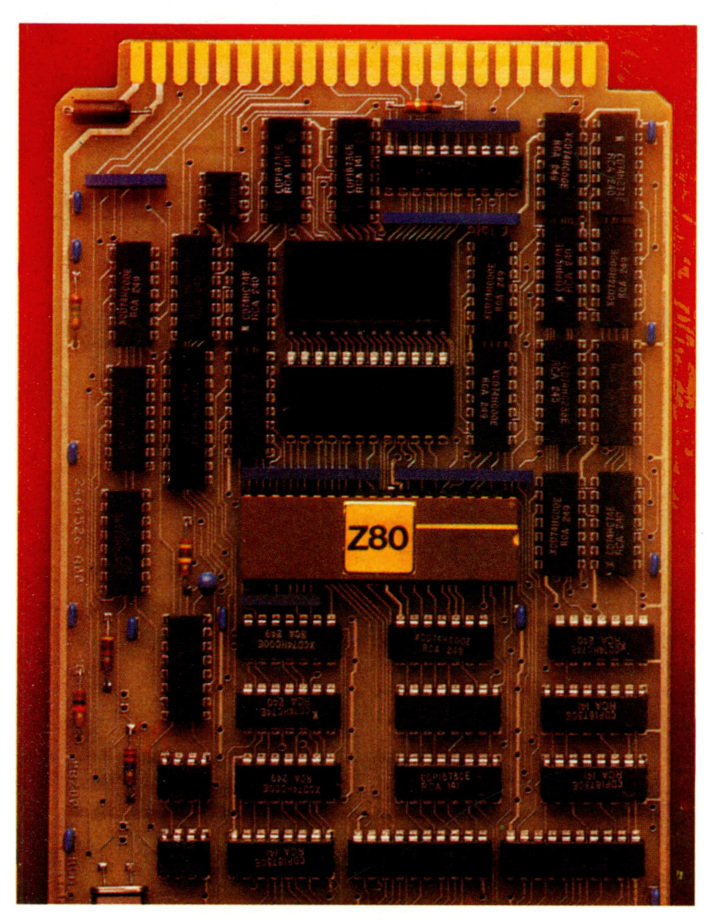
El Z80 nació como fusión de los dos microprocesadores de 8 bits más populares de su época, el 8080 y el 6800, tratando de conjugar las ventajas de ambos, además de incorporar características propias muy ventajosas.

En la figura 35 puede apreciarse la arquitectura general del Z80.

En la figura 36 pueden apreciarse los terminales de acceso al interior del circuito integrado del Z80.

Mientras que el 8080 A necesita de un segundo circuito integrado (el 8228) para poder discriminar las órdenes del bus de datos y el 6800 no dispone de instrucciones de entrada/salida, el Z80 posee todos los controles a la vez de que disponen los dos microprocesadores anteriormente citados. Además es capaz de detectar diversos estados, en concreto el de «parada» sin necesidad de decodificarla, y cuenta también con el mando adecuado para el refresco de las memorias dinámicas externas.

Precisa una sola fase de reloj, que lo hace menos



Las placas usadas para la evaluación funcional de los microprocesadores, deben permitir la sencilla inserción y extracción de los mismos. En la fotografía se observa un microprocesador Z-80 insertado en un zócalo de una carta o tarjeta de circuito impreso de aplicación industrial.

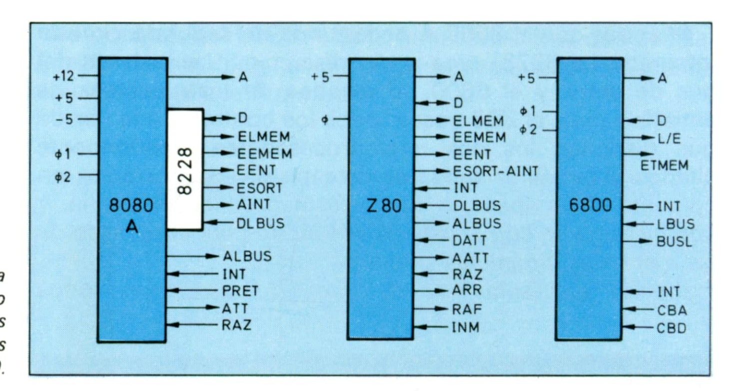


Figura 38. Diagrama estructural comparativo entre los microprocesadores 8080 A, Z-80 y 6800.

restrictivo en este sentido que el 6800, aunque también precisa una sola frecuencia y sus especificaciones a este respecto son menos severas.

El Z80, siempre estableciendo comparaciones con el 8080 A y el 6800, posee todos los registros prácticamente duplicados con relación al 8080A. Tiene en este caso, igual

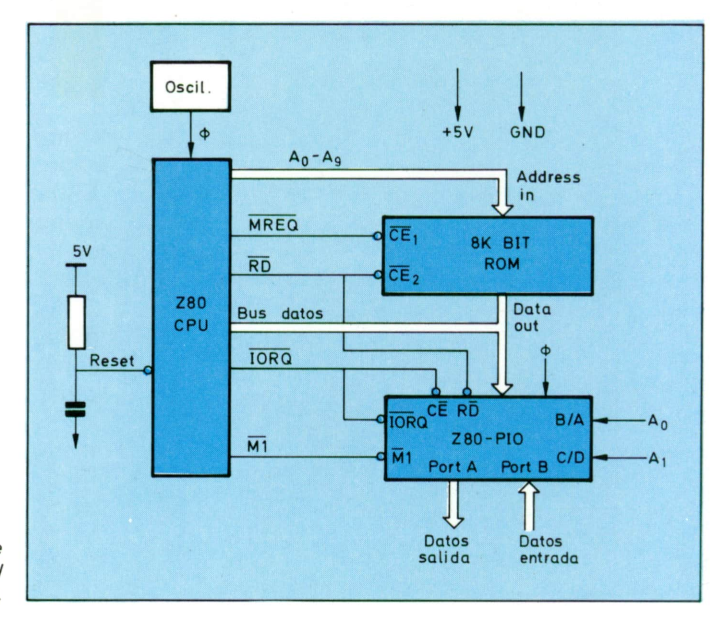
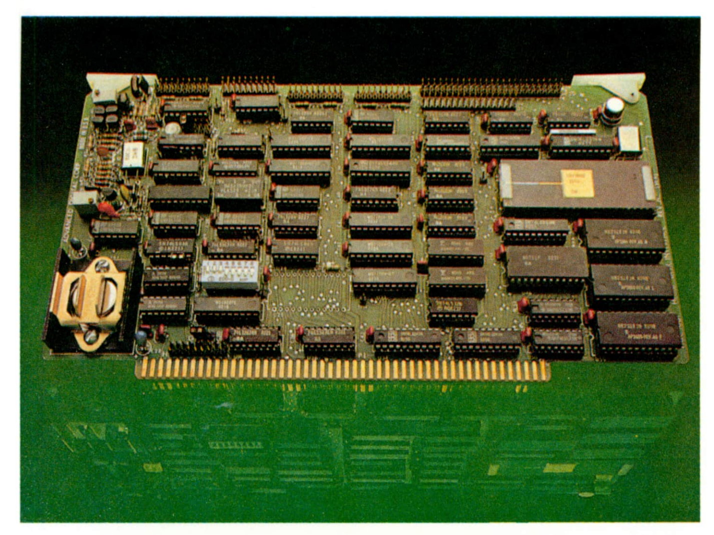


Figura 39. Circuito de aplicación del microprocesador Z-80.

que el 6800, dos acumuladores, cada uno de los cuales dispone de sus propios indicadores en el Z80, cosa que no ocurre en el 6800 que sólo dispone de un juego de indicadores.

El Z80 dispone también de dos registros índices mientras que el 6800 sólo dispone de uno.



Las cartas o tarjetas de circuito impreso, pueden albergar todo o parte de un microcomputador.

En la configuración estructural del Z80 se aprecian otras características peculiares que sólo se explican por su origen a caballo entre los microprocesadores 8080 A y 6800, mejorando a ambos. Como ya se dijo antes, el Z80 disponía de las instrucciones del 8080A, pero además cuenta con los modos de direccionamiento del 6800, potenciados por la disponibilidad de los dos registros índice.

Es importante e ilustrativo el hecho de que algunas instrucciones del Z80, habida cuenta su estructura y origen, sean significativamente potentes. Convendrá citar principalmente entre ellas las siguientes:

Transferencias por bloques. Las instrucciones de transferencias por bloques del Z80 provocan bucles de microinstrucciones que consisten en efectuar la transferencia referida, preparar las direcciones para la transferencia siguiente, decrementar un contador y reiniciar la operación de transferencia si el contador no está a cero.

Manipulación de información al nivel de los bits. Mediante estas instrucciones se puede leer o colocar un bit en un registro o en una posición de memoria sin necesidad de manipular palabras enteras.

Manipulaciones de bloques de dígitos. Mediante estas instrucciones se pueden manipular partes de palabra (semioctetos generalmente) de forma que se puedan leer y escribir estos dígitos en registros o memorias, sin necesidad de manipular las palabras enteras como sucede en el caso anterior.

El Z80, como el lector habrá podido comprender, es dentro de los microprocesadores de 8 bits uno de los más potentes y sofisticados. Integra el equivalente a 8.000 transistores, su antecesor 8080A tiene el equivalente a 4.500, mientras que el tamaño de la pastilla

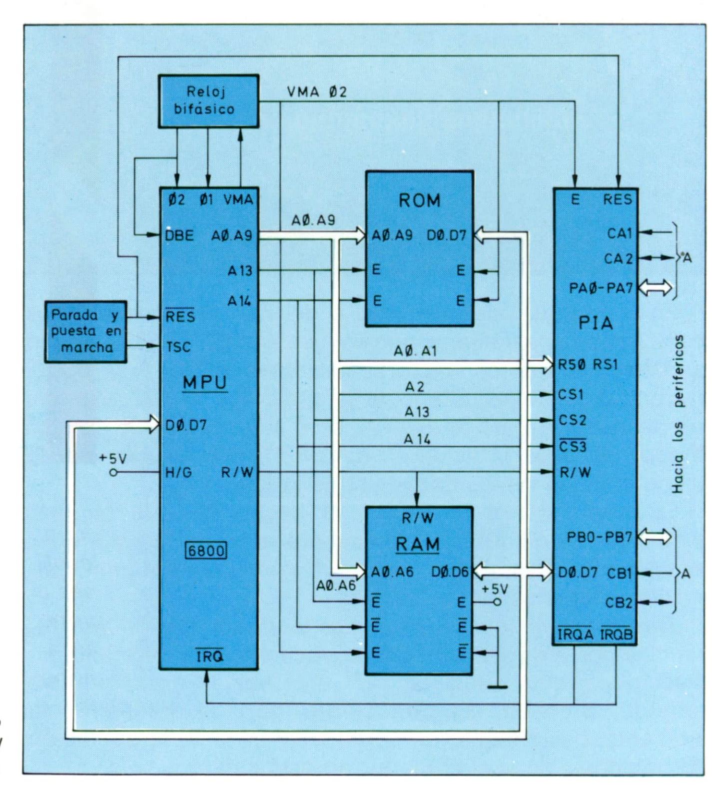
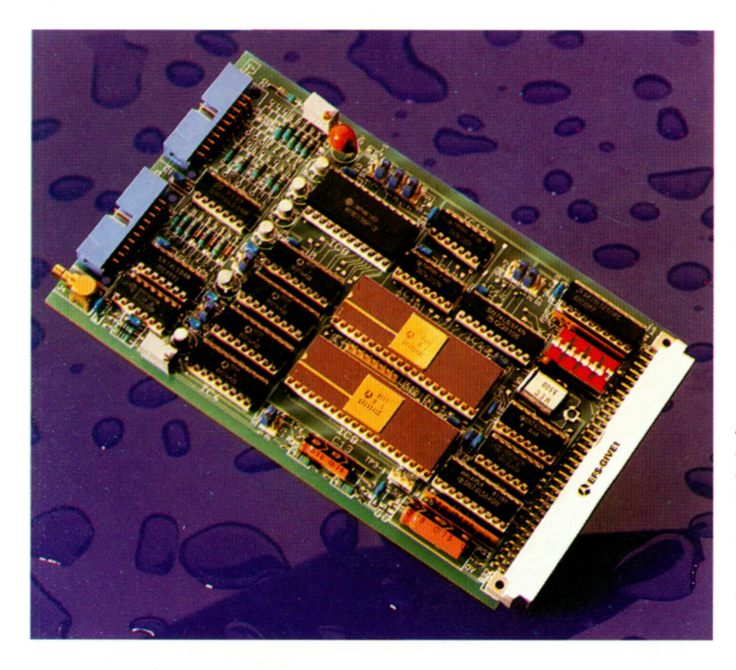


Figura 41. Circuito básico de aplicación del microprocesador 6800.

o chip en el que se ubican físicamente los circuitos microelectrónicos es únicamente del 20 % más el Z80 que en el 8080 A.

El juego de instrucciones del Z80 consta de 158 instrucciones, entre las que se encuentran las 78 del 8080A, y pueden agruparse en 12 familias:

Cargas de 8 bits, que agrupa 5 instrucciones; *cargas de 16 bits*, que agrupa 6 *intercambios*, que está formada por 4 instrucciones; *referidas a bloques de memoria*, que cuenta



En una misma carta de circuito impreso, pueden encontrarse varios tipos de circuitos integrados que deben ser compatibles entre sí, como deben serlo buena parte de los microprocesadores. (Cortesía: Thomson-CSF).

con 8 instrucciones; *referidas a operaciones de la UAL con 8 bits*, que cuenta con 10 instrucciones; *rotaciones y desplazamientos*, que consta de 9 instrucciones; *instrucciones de entradas/salidas*, que dispone de 12; *saltos o bifurcaciones*, que consta de 6 instrucciones; *llamadas*, que agrupan a 2 instrucciones, *rearme y retornos*, integrando 5 instrucciones; *BIT de cero, de set y de reset*, con 3 instrucciones; el resto de las instrucciones de difícil agrupación constituyen el conjunto del juego de instrucciones del Z80.

DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR DE 8 BITS 6800

Características extractadas

Fabricado en tecnología NMOS.

Procesa palabras de 8 bits.

La CPU se integra en un solo circuito integrado de 40 terminales.

Precisa una única fuente de alimentación a 5 Vc.

La frecuencia del oscilador que proporciona la base de tiempo debe ser de 1 MHz.

Posee acceso directo a memoria DMA.

Su juego de instrucciones está formado por 72 instrucciones.

Cuenta con siete modos de direccionamiento.

El microprocesador 6800 de la firma Motorola posee un juego de instrucciones concebido de tal forma que para una

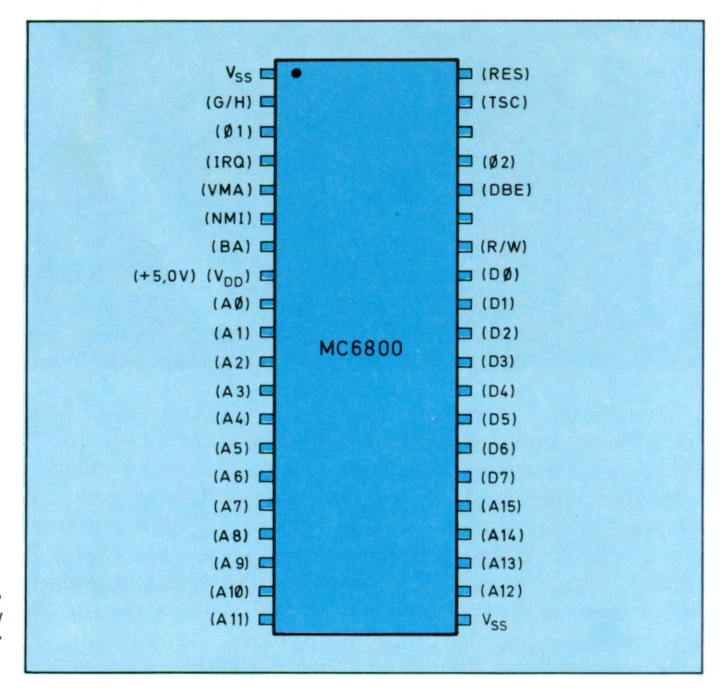
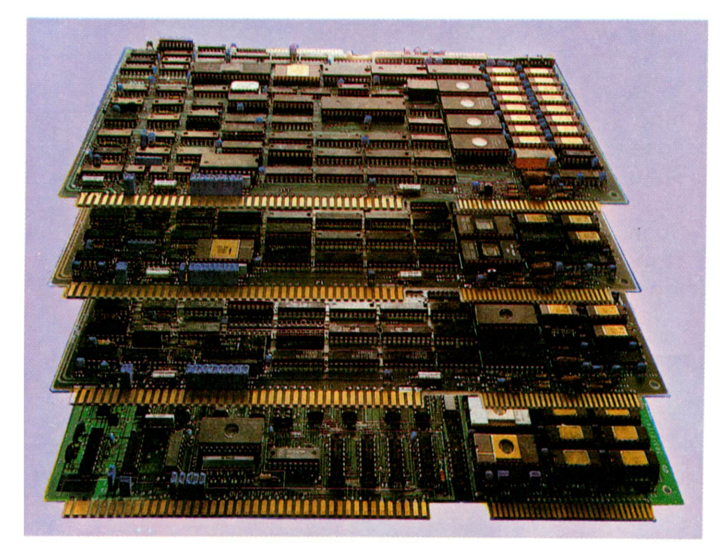


Figura 43. Diagrama de conexiones externas del microprocesador MC 6800.

configuración simple no necesita de ningún otro circuito periférico. Otra característica importante de este microprocesador es que dispone en un chip externo una unidad llamada PIA, la cual permite el acceso por medio de 2 buses de 8 bits a la mayoría de los periféricos que procesan información de ocho bits.



Las placas de circuito impreso basadas en microprocesadores permiten, junto con las modernas tecnologías electrónicas, configurar en espacios reducidos, complejos circuitos capaces de efectuar sofisticadas funciones. La normalizacioón y estandarización de dichas cartas, asegura la compatibilidad tecnológica entre ellas.

La estructura más típica que se configura en torno a la CPU 6800, está formada por (figura 41):

— La propia CPU 6800.
— Una ROM de 1 K octeto.
— Una RAM de 128 × 8 bits.
— La PIA, o interface de adaptación de periféricos.
— La ACIA, que es un circuito especializado de adaptación para comunicaciones asíncronas.

Puede direccionar 64 K octetos.

La unidad central, también denominada MPU, funciona con el método de precisión múltiple y proporciona al usuario tres registros de 16 bits y otros tres de ocho. El registro de estado interno está formado por 6 biestables o flip-flops.

La PIA es bidireccional y es la responsable del mando de

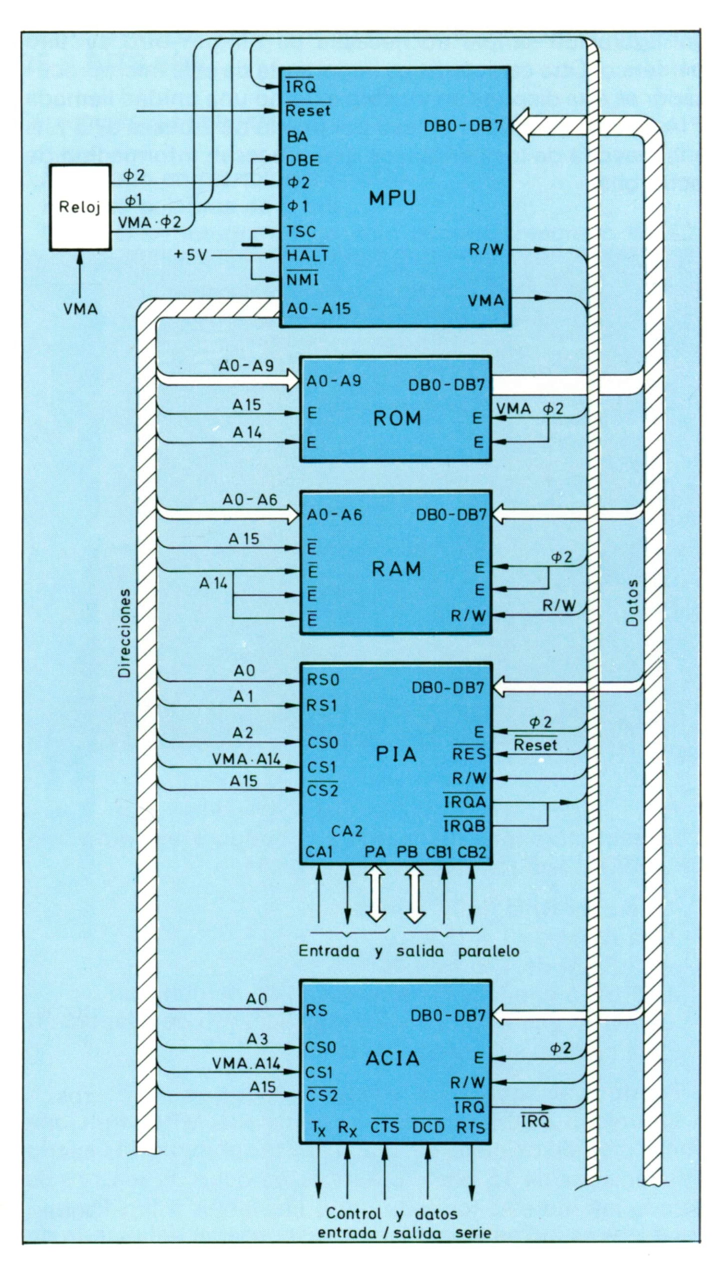


Figura 45. Arquitectura básica del microprocesador 6800.

la circulación de la información entre la CPU y los periféricos.

El interface de comunicaciones ACIA, que es también bidireccional, es el responsable de intervenir entre la CPU y el modem (modulador/demodulador) de transmisión. Puede funcionar a una velocidad de transmisión de hasta 500.000 bits por segundo.

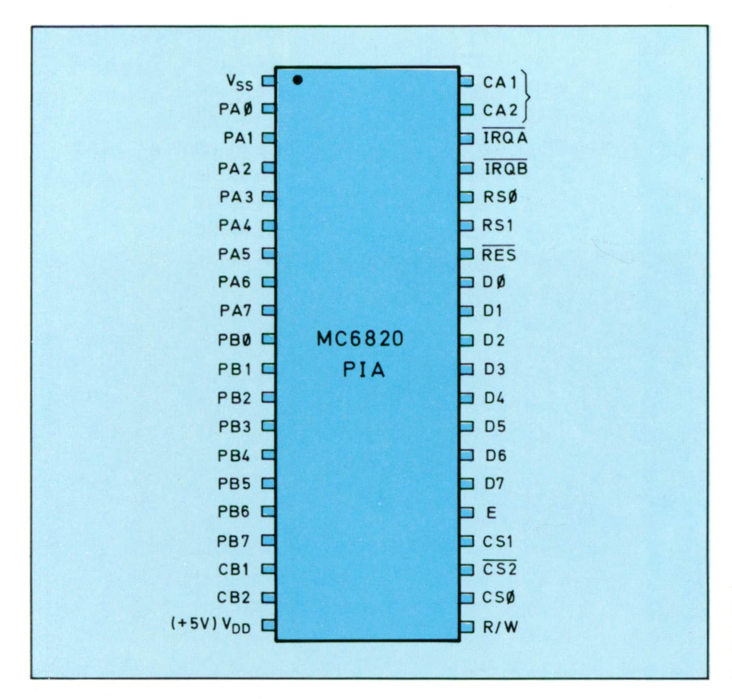


Figura 46. Diagrama de conexionado externo del circuito integrado MC 6820, periférico del microprocesador 6800.

El juego de instrucciones está formado por 72, tal y como antes se citó. Se pueden agrupar de la siguiente forma:

29 instrucciones referidas a memoria y acumulador.

11 instrucciones referidas a registros índice y punteros.

23 referidas a saltos, bifurcaciones y conexiones.

9 instrucciones referidas a operaciones aritméticas y booleanas.

En la figura 46 se muestra la identificación de las patillas del integrado MC 6820.

DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR DE 16 BITS 9900

En este apartado va a tratarse la variante SBP 9900 del microprocesador TMS 9900, circuito integrado muy popular en el mercado de 16 bits.

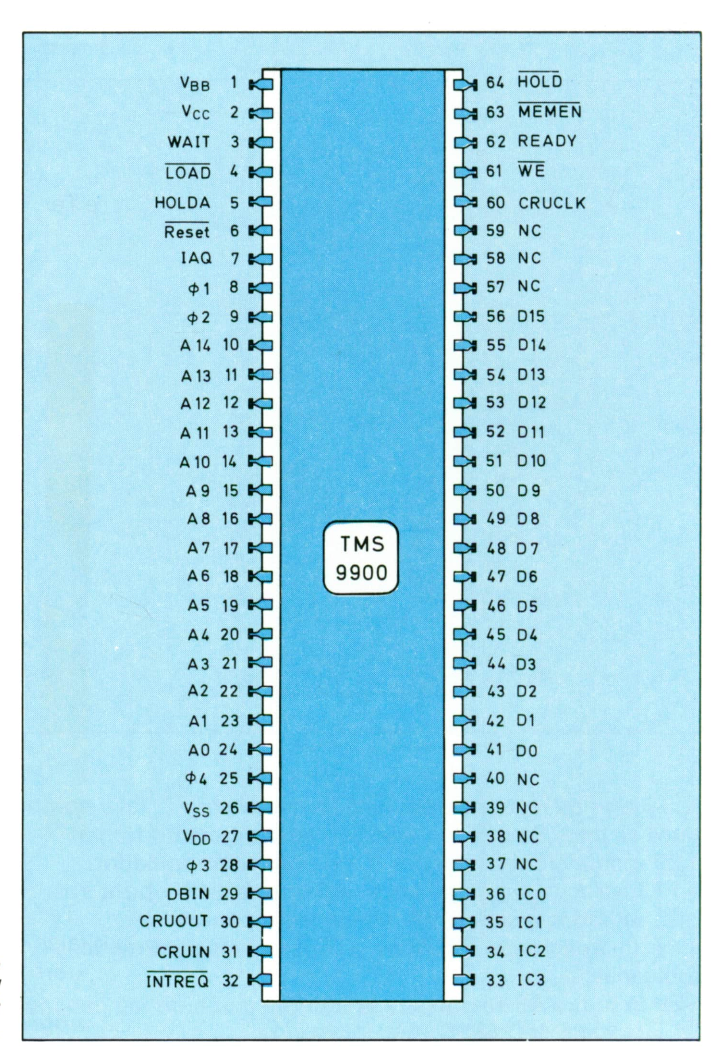


Figura 47. Diagrama de conexionado externo del microprocesador TMS 9900 de Texas Instruments.

Características extractadas

Formato de 16 bits en un solo circuito integrado.

Pilas de 16 registros situados en la memoria del microprocesador.

Dispone de 69 instrucciones e incluye las operaciones de multiplicar y dividir.

Bus de datos bidireccional de 16 bits.

Dispone de 17 niveles de interrupciones.

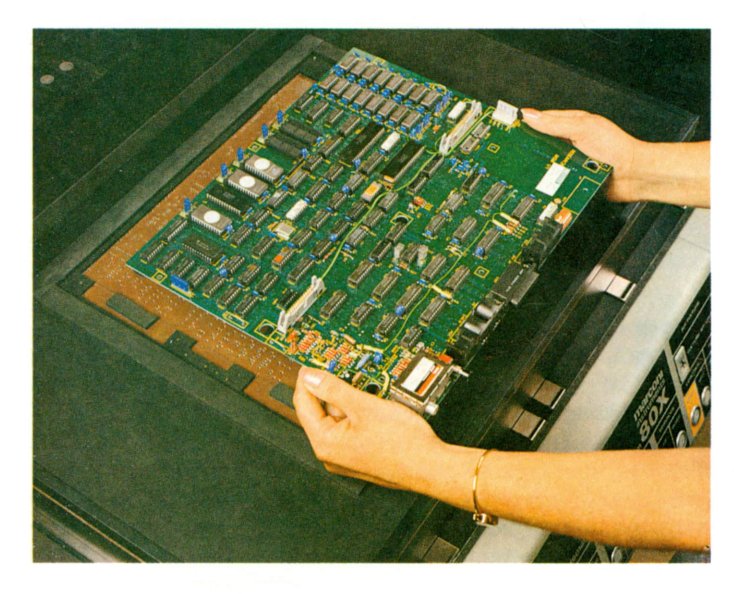
Bus de direcciones paralelo de 15 bits.

Entradas y salidas serie.

Permite 7 modos de direccionamiento.

Dieciseis interrupciones son dotadas por software.

Software compatible con los calculadores TI 990 de Texas Instruments.



La complejidad estructural de los circuitos que incorporan varios microprocesadores, hace que los sistemas de transmisión de información sean elaborados y complejos.

El microprocesador SBP 9900 fue desarrollado por Texas Instruments, y es en tecnología I^2L la variante equivalente del popular TMS 9900. Sus arquitecturas, interna y externa, son idénticas a la del TMS 9900 (figura 47).

Dada la tecnología en la que está fabricado, el SBP 9900

puede funcionar entre temperaturas muy extremas (−55 a +125°C) por lo que es frecuentemente muy usado para aplicaciones militares o aeroespaciales. Se alimenta únicamente a una sola tensión, siendo su consumo, evidentemente, función de su velocidad de trabajo. Las variaciones son tan notables que, para hacerse una idea, es suficiente citar que al pasar el período del oscilador de 100 ns a 10 μs el consumo en intensidad para ser de 1 A a 10 mA. El oscilador tiene una sola fase, contrariamente a lo que ocurre con su homólogo TMS 9900. El sincronismo exterior de los circuitos periféricos se realiza a partir de la salida CYCEND.

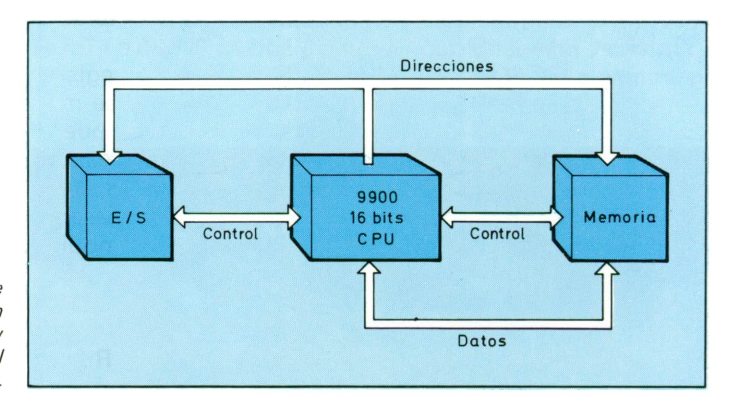


Figura 49. Diagrama de bloques, con presentación de los buses de datos y direcciones, del microprocesador 9900.

La frecuencia nominal del oscilador es de 2 MHz, aunque en versión A pueden obtenerse 3 MHz.

Las salidas del SBP 9900 son de colector abierto, directamente compatibles con la tecnología TTL.

Este microprocesador requiere una única fuente de alimentación, aspecto que le hace especialmente útil por la simplificación que ello permite de la alimentación externa. El juego de instrucciones del SBP 9900 es exactamente el mismo de que dispone el TMS 9900.

El interés fundamental del SBP 9900 estriba principalmente en sus aspectos tecnológicos, que le proporcionan la capacidad de funcionar en condiciones ambientales muy rigurosas y con consumos realmente muy bajos, en torno del 50 % del consumo de su homólogo TMS 9900, lo cual le hace, como se dijo, especialmente indicado para aplicaciones militares o aeroespaciales.

DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR DE 8/16 BITS 80186/8, 16 BITS NMOS

Este circuito de Intel está basado en una evolución del 8086 con similar CPU pero en lugar de direccionar y proteger la memoria añade un generador de reloj, 2 canales DMA, interruptor controlado, tres bases de tiempo de 16 bits, control periférico y de memoria, selector lógico y generador de espera, todo ello en el mismo chip.

Tanto la posibilidad de trabajar con 8 bits como la de 16 bits puede hacerse con expresiones en binario y en decimal, incluyendo multiplicación y división.

Puede trabajar con bits, secuencias de bits, palabras y bloques de operaciones.

Incluye varios modos, literal, registro directo, registro indirecto, base, indexado, base más indexado y base más indexado inmediato. Utiliza segmentos registradores, puede programarse mediante software y prepara cuatro áreas en memoria con cuatro segmentos registradores. Estas áreas pueden no necesitar toda la 64 k y pueden sobrepasarla. Puede programarse cualquiera de las cuatro áreas modificando el contenido del segmento registrador.

DESCRIPCION DEL MICROPROCESADOR NCR 32000 DE 32 BITS

Se trata de un dispositivo microprogramable vía almacenamiento externo. Puede trabajar con lenguajes de alto nivel con el código adecuado en cada caso.

La operación puede efectuarse con dígitos (4 bits), secuencias de bits, medias palabras (16 bits), palabras y campos (1 k a 64 k – 1 bytes). Incluye las operaciones suma, resta, rotación, desplazamiento, operaciones basadas en el Algebra de Boole, son preformadas en un formato registro a registro.

Las subrutinas son llevadas a cabo utilizando ocho bifurcaciones independientes basadas en indicadores y registros. Los accesos de memoria están dispuestos utilizando un registrador directo.

Por encima de 128 palabras la memoria principal está configurada como memoria auxiliar de tipo especial y puede ser accesible utilizando letras, registro de aguja o cabezales.

TEST DE VERIFICACION Y EVALUACION DE LOS MICROPROCESADORES

El lector ya habrá podido adivinar que ante un circuito integrado de la complejidad tecnológica y funcional como es un microprocesador, debe disponerse de técnicas y procedimientos lo suficientemente potentes como para permitir una correcta evaluación y prueba de tales dispositivos, antes de ser usados de forma masiva en la fabricación de sistemas informáticos u otros basados en los microprocesadores. Y, efectivamente, así es.

El test y evaluación de los microprocesadores ha exigido efectivamente el nacimiento de nuevas técnicas y equipos que permitan probarlo con plenas garantías ante la imposibilidad material de experimentar prácticamente todos los supuestos funcionales que pueden darse en la utilización del microprocesador de que se trate.

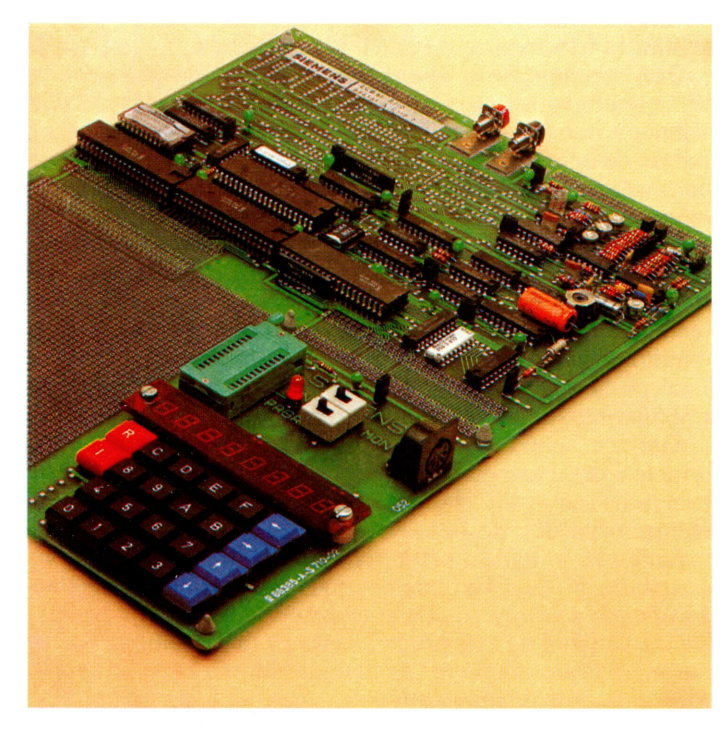
Para que pueda tenerse una idea del grado de dificultad que puede representar una prueba semejante, bastará citar que, por ejemplo, para poder probar todas las posibles combinaciones que pueden darse en una memoria de 64 bits sería preciso un período de tiempo superior a 50 años, probando cada una de las configuraciones posibles a una frecuencia de 1 MHz y con un sistema de test potente y moderno.

Es por ello que puede entenderse fácilmente que un microprocesador no puede ser evaluado al 100 % de sus características funcionales, ya que el tiempo que requeriría una prueba tal encarecería el precio de los propios microprocesadores que alcanzarían cotas prohibitivas.

Para estudiar los sistemas de test de microprocesadores es preciso hacer un número suficiente de consideraciones restrictivas, como para que pueda abordarse el problema con garantías suficientes. Una primera consideración consiste en asimilar el microprocesador a un circuito integrado, a un bloque, capaz de realizar un determinado número de funciones. De esta forma podrán enviarse al microprocesador determinadas instrucciones y datos, y se podrá comprobar si la solución proporcionada por él es o no es correcta.

No escapa a nadie que este procedimiento, si bien es conceptualmente muy cómodo, ofrece garantías insuficientes para el técnico. No obstante, a partir de esta idea se han

desarrollado diversos procedimientos más seguros. El primer procedimiento sistemático, denominado frecuentemente de «autodiagnóstico», consiste en construir con el microprocesador una configuración funcional mínima con sus memorias, buses y circuitos periféricos, y someter al conjunto a un programa de prueba o diagnóstico de forma que el microprocesador lo ejecute. El resultado de tal ejecución



Placa de microcircuitos que constituyen un microcomputador. Se puede observar la gran cantidad de circuitos integrados que contiene (entre los cuales sobresale un microprocesador), y las posibilidades de incorporar nuevos elementos en los espacios vacíos.
(Cortesía: Siemens).

será la decisión de si el microprocesador es utilizable o no en función de que haya pasado o no correctamente la secuencia de instrucciones del programa. No es preciso decir que un programa de diagnóstico deberá ser tal que haga trabajar al microprocesador en condiciones límite, tanto paramétricas como funcionales. Las ventajas de este procedimiento son notables, ya que el microprocesador trabaja en condiciones reales y no simuladas, el programa de

test puede ser muy similar o el mismo que posteriormente ejecutará el microprocesador y, debido a ello, el coste de ejecución de un test adecuado es relativamente bajo. Estos procedimientos presentan, no obstante, varios inconvenientes importantes debido al hecho de que la detección de posibles errores no es individual, sino de conjunto, de manera que se produzcan errores que se compensen y no se pongan en evidencia a lo largo del test produciendo posteriormente, ya en funcionamiento real, errores e inconvenientes funcionales de difícil identificación.

Otro procedimiento de evaluación es el conocido sistema de la «comparación». Con este método, y a través de dos sistemas completos de evaluación y un microprocesador patrón de referencia, puede discernirse si el microprocesador en evaluación es o no correcto. El microprocesador de referencia o patrón ejecuta un programa instrucción a instrucción y el microprocesador bajo prueba es sometido simultáneamente al mismo test estableciéndose, a través de un sistema de referencia o comparación, si cada uno de los resultados parciales de la ejecución son iguales en ambos microprocesadores. En el caso de que ello fuera así hasta el final de la ejecución del programa, se podría decir que el microprocesador probado es correcto.

Está claro que este procedimiento permite detectar uno a uno los defectos que pudieran presentarse en la unidad evaluada, pero sin embargo exige la certeza de que el microprocesador de referencia sea correcto en todos sus parámetros y condiciones funcionales a las que se ve sometido, lo cual ha exigido que previamente haya sido certificado a través de una evaluación completa.

Una variante de este procedimiento y del anterior consiste en el método llamado de «algoritmo en tiempo real». Mediante tal procedimiento se hace ejecutar al microprocesador un programa de evaluación de forma que, instrucción a instrucción, el programa compara la respuesta proporcionada por el microprocesador a la instrucción ejecutada con el resultado de tal ejecución que proporciona el algoritmo. Si la solución es correcta, el propio programa da instrucción de seguir adelante. Si la respuesta es incorrecta, se registra el error y se pasa a la instrucción siguiente.

El método más potente y seguro, aunque también el más costoso en cuanto a inversión por el equipo de test que se precisa, es el procedimiento *Lead*.


Lorem Ipsum